examenbundel.nl

examen bundel

Meer dan alleen oefenexamens

Nu bij je boek
mijn.examenbundel.nl
Online oefenen, video's en meer

2021|2022

havo

Scheikunde

ThiemeMeulenhoff

examenbundel.nl

examen bundel

Meer dan alleen oefenexamens

2021 | 2022

J.R. van der Vecht
T.H.J. Heutmekers

havo

Scheikunde

ThiemeMeulenhoff

mijn.examenbundel.nl

Slagen zonder examenstress doe je met Examenbundel, Samengevat, Examenidioom en Zeker Slagen! Alles voor je schoolexamens en je centrale examens in je boeken, maar ook online.

- Quickscan
- Antwoorden bij de oriëntatietoets
- Video's en andere leerbronnen
- Oefenexamens
- Overzicht van al je examenvakken
- En nog veel meer op Mijn Examenbundel!

Ga naar mijn.examenbundel.nl en log in op Mijn Examenbundel. Met deze code krijg je toegang tot heel veel (digitale) extra's die bij je bundel horen:

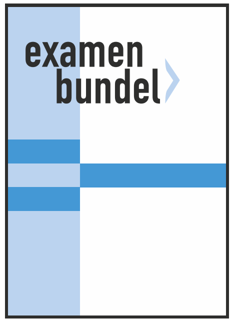
Deze code is uniek en door één persoon te gebruiken. Geldig tot 15 juli 2022.

#ikgazekerslagen

Voorwoord

Met deze **Examenbundel** bereid je je goed voor op het eindexamen en op de schoolexamens. Je oefent met echte examenopgaven. Als je niet weet hoe je een vraag aan moet pakken, raadpleeg dan de bijbehorende hint. In de uitwerkingen staan de antwoorden met een duidelijke uitleg. Zo weet je precies wat je goed en fout hebt gedaan.

Gebruik naast deze **Examenbundel** ook het boek **Samengevat** om te leren voor je examen. Hierin vind je een handige samenvatting van alle examenstof.



Oefenen met echte examens en duidelijke uitwerkingen

+

Overzichtelijke samenvatting van de examenstof

Wil je weten op welke datum het centraal examen is?
Ga naar examenbundel.nl/examenrooster voor het actuele examenrooster.
Of scan de QR-code:

Namens team **Examenbundel** heel veel succes!

Heb je een vraag of opmerking over deze **Examenbundel**?
Ga dan naar examenbundel.nl/contact.

Opmerking
De overheid stelt de regels op voor het examen. Bijvoorbeeld wat de examenonderwerpen zijn, welke hulpmiddelen je mag gebruiken en wanneer het examen is. De auteurs en uitgever hebben deze **Examenbundel** met grote zorg samengesteld. Soms veranderen de regels van de overheid echter of worden er nieuwe afspraken gemaakt over wat die regels betekenen. Raadpleeg daarom altijd je docent of onze website www.examenbundel.nl voor actuele informatie die voor jouw examen van belang is.

© ThiemeMeulenhoff

Inhoud

3 Voorwoord
7 Stappenplan: hoe leer je met de Examenbundel?
13 Tips: hoe maak je examenopgaven bij scheikunde?

Oriëntatietoets

17 Opgaven

Deel 1
Oefenen op onderwerp

01 Van atomen tot stoffen
25 Opgaven
33 Hints
34 Uitwerkingen

2 Reacties
39 Opgaven
49 Hints
50 Uitwerkingen

3 Koolstofchemie en biochemie
54 Opgaven
64 Hints
65 Uitwerkingen

4 Energie
70 Opgaven
78 Hints
79 Uitwerkingen

5 Chemische industrie en milieu
84 Opgaven
94 Hints
95 Uitwerkingen

6 Onderzoek
101 Opgaven
112 Hints
113 Uitwerkingen

Deel 2a
Examens met uitwerkingen

Examen 2016-I
121 Opgaven
133 Hints
134 Uitwerkingen

Examen 2016-II
139 Opgaven
150 Hints
151 Uitwerkingen

Examen 2017-I
157 Opgaven
169 Hints
170 Uitwerkingen

Examen 2017-II
175 Opgaven
185 Hints
186 Uitwerkingen

Examen 2018-I
191 Opgaven
202 Hints
203 Uitwerkingen

Examen 2018-II
207 Opgaven
219 Hints
220 Uitwerkingen

Examen 2019-I
225 Opgaven
238 Hints
239 Uitwerkingen

Examen 2019-II
244 Opgaven
255 Hints
256 Uitwerkingen

Deel 2b
Examen zonder uitwerkingen

Examen 2021-I
263 Opgaven

Bijlagen

Cijferbepaling
Onderwerpregister

© ThiemeMeulenhoff

Stappenplan: hoe leer je met de Examenbundel?

Natuurlijk kun je de **Examenbundel** van voor naar achter doorwerken of er kriskras wat onderdelen uithalen om mee te oefenen, maar je kunt het ook systematischer aanpakken. Als je oefenen met de **Examenbundel** combineert met leren uit **Samengevat**, bereid je je optimaal voor op je examen.

Op de volgende pagina's vind je drie routes die laten zien hoe je kunt leren met de **Examenbundel**. Kies de route die past bij jouw manier van leren:

- Route 1: Ga je graag meteen aan de slag? Start met **oefenen per onderwerp**.
- Route 2: Wil je eerst weten waar je staat? Start met **de oriëntatietoets**.
- Route 3: Leer je liever eerst de theorie? Start met **leren per onderwerp**.

Wil je weten wat je leerstijl is?

Kies de route die bij jouw manier van leren past!

Lees ook de tips! Voorkom verrassingen tijdens je examen.

#ikgazekerslagen

© ThiemeMeulenhoff

Route 1

Ga je graag meteen aan de slag? Start met oefenen per onderwerp.

januari & februari

- Maak per week opgaven van een hoofdstuk in deel 1 van de Examenbundel.
- Kijk de opgaven na met de bijbehorende uitwerkingen.
  - Meer dan de helft goed. → Maak de oriëntatietoets.
  - De helft of minder goed.
    - Neem het bijbehorende hoofdstuk in Samengevat door.
    - Oefen met het onderwerpregister achter in de Examenbundel meer opgaven over dit onderwerp uit de verschillende examens.
    - Kijk die opgaven na.
      - Meer dan de helft goed. → Maak de oriëntatietoets.
      - De helft of minder goed.
        - Maak de opgaven van dat hoofdstuk uit deel 1 die je nog niet gemaakt had. Gebruik de hints. → Maak de oriëntatietoets.

maart

- Maak de oriëntatietoets.
- Bereken je score met de uitwerkingen op mijn.examenbundel.nl.
  - Voldoende.
  - Onvoldoende.
- Bestudeer Samengevat over de onderwerpen die minder goed gingen.
- Oefen opgaven uit deel 1 van de Examenbundel en via het onderwerpregister uit de verschillende examens over het betreffende onderwerp. Gebruik de hints!

april

- Maak een heel examen uit deel 2a van de Examenbundel.
- Kijk het examen na met de bijbehorende uitwerkingen.
  - Tevreden met het resultaat. → Blijf oefenen met deel 2a zodat je met vertrouwen het examen in gaat.
  - Niet tevreden met het resultaat.
    - Kijk met behulp van het onderwerpregister welke onderdelen nog niet goed gaan en waar voor jouw gevoel wel winst is te behalen. Je hoeft niet alles goed te doen!
    - Bestudeer Samengevat en maak via het onderwerpregister van de Examenbundel een aantal opgaven over dat onderwerp uit deel 1 en 2a tot je tevreden bent met het resultaat.
- Blijf oefenen met deel 2a zodat je met vertrouwen het examen in gaat.

#geenexamenstress

© ThiemeMeulenhoff

© ThiemeMeulenhoff

Route 2

Wil je eerst weten waar je staat? Start met de oriëntatietoets.

januari

- Maak de oriëntatietoets in de Examenbundel.
- Bereken je score met de uitwerkingen op mijn.examenbundel.nl.
  - Voldoende.
  - Onvoldoende.
    - Kijk welke onderwerpen uit deel 1 van de Examenbundel nog niet goed gingen.

februari

- Bestudeer elk hoofdstuk in Samengevat.

maart

- Maak opgaven per onderwerp uit deel 1 van de Examenbundel.
- Kijk de opgaven na met de bijbehorende uitwerkingen.
  - Meer dan de helft goed.
  - De helft of minder goed.
    - Oefen met het onderwerpregister achter in de Examenbundel meer opgaven over dit onderwerp uit de verschillende examens.
    - Kijk die opgaven na.
      - Meer dan de helft goed.
      - De helft of minder goed.
        - Maak de opgaven van dat hoofdstuk uit deel 1 die je nog niet gemaakt had. Gebruik de hints.

april

- Maak een heel examen uit deel 2a van de Examenbundel.
- Kijk het examen na met de bijbehorende uitwerkingen.
  - Tevreden met het resultaat.
  - Niet tevreden met het resultaat.
    - Kijk met behulp van het onderwerpregister welke onderdelen nog niet goed gaan en waar voor jouw gevoel wel winst is te behalen. Je hoeft niet alles goed te doen!
    - Bestudeer Samengevat en maak via het onderwerpregister van de Examenbundel een aantal opgaven over dat onderwerp uit deel 1 en 2a tot je tevreden bent met het resultaat.
- Blijf oefenen met deel 2a zodat je met vertrouwen het examen in gaat.

#geenexamenstress

© ThiemeMeulenhoff

© ThiemeMeulenhoff

Route 3

Leer je liever eerst de theorie? Start met leren per onderwerp.

januari & februari

- Bestudeer per week een hoofdstuk uit Samengevat.

maart

- Maak de oriëntatietoets van de Examenbundel.
- Bereken je score met de uitwerkingen op mijn.examenbundel.nl.
  - Voldoende.
  - Onvoldoende.
    - Kijk welke onderwerpen uit deel 1 van de Examenbundel nog niet goed gingen.
    - Maak de opgaven uit deel 1 over die onderwerpen.
    - Kijk die opgaven na.
      - Meer dan de helft goed.
      - De helft of minder goed.
        - Oefen met het onderwerpregister achter in de Examenbundel meer opgaven over dit onderwerp uit de verschillende examens.

april

- Maak een heel examen uit deel 2a van de Examenbundel.
- Kijk het examen na met de bijbehorende uitwerkingen.
  - Tevreden met het resultaat.
  - Niet tevreden met het resultaat.
    - Kijk met behulp van het onderwerpregister welke onderdelen nog niet goed gaan en waar voor jouw gevoel wel winst is te behalen. Je hoeft niet alles goed te doen!
    - Bestudeer Samengevat en maak via het onderwerpregister van de Examenbundel een aantal opgaven over dat onderwerp uit deel 1 en 2a tot je tevreden bent met het resultaat.
- Blijf oefenen met deel 2a zodat je met vertrouwen het examen in gaat.

#geenexamenstress

© ThiemeMeulenhoff

Tips: hoe maak je examenopgaven bij scheikunde?

Bij het op de juiste manier oplossen van een probleem doorloop je in het algemeen drie stappen: de voorbereiding, de uitvoering en de controle.

Voorbereiding

- Kijk eerst vluchtig alle opgaven door en begin met de opgaven die je vertrouwd voorkomen.
- Ga na hoeveel tijd gemiddeld beschikbaar is per opgave. Probeer te voorkomen dat je te lang met een bepaalde vraag bezig blijft en daardoor weinig punten scoort bij andere vragen.
- Lees de tekst van de gekozen opgave rustig en nauwkeurig. Onderstreep of markeer hierbij aanwijzingen, begrippen, formules, getallen e.d. die van belang kunnen zijn. Deze informatie is dan bij het beantwoorden van de vragen snel terug te vinden.
- Lees elke vraag nauwkeurig en ga na welke informatie je nodig denkt te hebben om de vraag te kunnen beantwoorden. Zoek die informatie op in de tekst van de opgave, of in Binas of ScienceData.
- Bepaal welke tussenstappen je bij de beantwoording van de vraag zult moeten maken. Deze worden bepaald door het 'gat' dat er zit tussen de gegevens en het gevraagde. Je kunt daarbij zowel van de gegevens als van het gevraagde uitgaan.
- Begin pas aan de uitvoering, wanneer je de aanpak van het vraagstuk overziet.

Uitvoering

- Reserveer op je papier voor elke opgave voldoende ruimte. Je werk wordt daardoor overzichtelijker en je kunt je antwoord makkelijker aanvullen.
- Schrijf alle tussenstappen overzichtelijk op, zodat zichtbaar wordt hoe je tot je antwoord bent gekomen.
- Indien om uitleg wordt gevraagd, mag die niet ontbreken.
- Schrijf bij twijfel altijd iets op (behalve als je zelf al kunt beoordelen dat je antwoord nergens op slaat).

Controle

- Lees de vraag nog eens over. Is hij volledig beantwoord?
- Vind je het gevonden antwoord zinnig (klopt bv. de orde van grootte)? Zo niet, probeer je denk- of rekenfout op te sporen of maak daarover tenminste een opmerking.
- Is de juiste eenheid vermeld?
- Is de afronding van een verkregen waarde in overeenstemming met de vraagstelling? Let op het juiste aantal significante cijfers.

© ThiemeMeulenhoff

Hoe zou je het nu al doen op een examen? De oriëntatietoets geeft je een eerste indruk. De antwoorden vind je op mijn.examenbundel.nl.

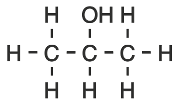
Oriëntatietoets

Propeen als grondstof

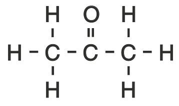
Propeen is de beginstof voor de industriële productie van veel nuttige stoffen. Zo worden uitgaande van propeen het oplosmiddel aceton en de kunststof polypropeen geproduceerd, waarvan bierkratten zijn gemaakt.

3p **1** Teken een stukje uit het midden van de structuurformule van polypropeen. In het getekende stukje moeten drie monomeereenheden zijn verwerkt.

Bij de bereiding van aceton zet men propeen eerst om tot een stof die wordt aangeduid als IPA. Daarna wordt IPA omgezet tot aceton.
Hieronder zijn de structuurformules van IPA en van aceton gegeven:



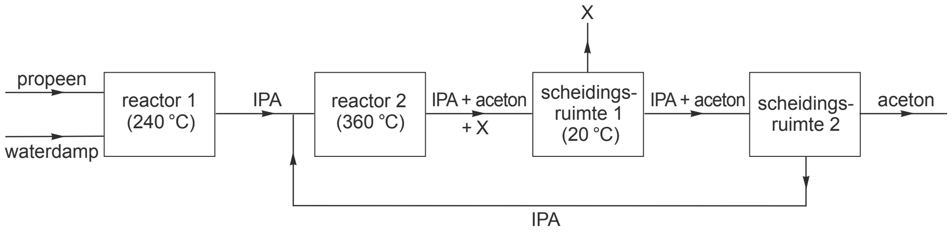
IPA



aceton

2p **2** Geef de systematische naam van IPA.

Dit productieproces van aceton kan met het volgende blokschema worden weergegeven.



2p **3** Is de reactie in reactor 1 een additiereactie? Leg uit waarom (niet).

In reactor 2 wordt een deel van het IPA omgezet tot aceton en stof X. In scheidingsruimte 1 wordt stof X verwijderd uit het reactiemengsel dat uit reactor 2 komt.

2p **4** Geef de formule van stof X.

Het mengsel van IPA en aceton dat uit scheidingsruimte 1 komt, wordt in scheidingsruimte 2 door destillatie gescheiden. Deze destillatie is mogelijk doordat de kookpunten van IPA en aceton voldoende verschillen. Dit verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door een verschil tussen de molecuulstructuren.

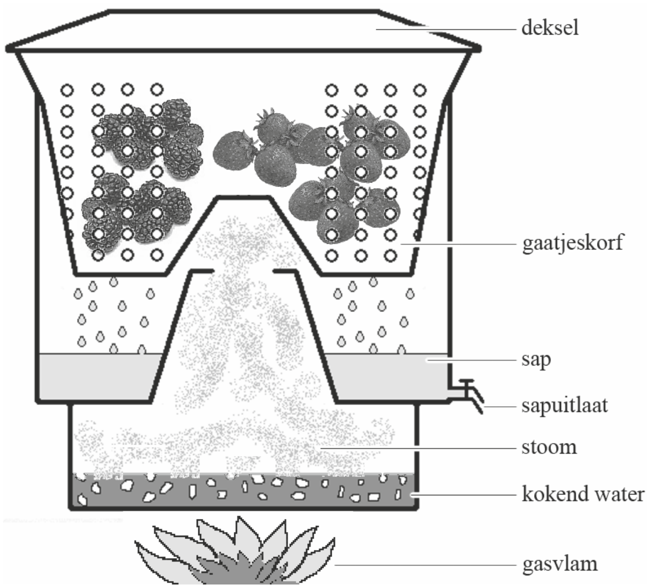
3p **5** Leg uit, aan de hand van een verschil tussen de structuurformules van IPA en aceton, welke van deze stoffen het destillaat is bij de scheiding in scheidingsruimte 2.

© ThiemeMeulenhoff

Vruchtenwijn maken

Janos maakt al 25 jaar wijn van allerlei soorten vruchten. Om wijn te maken haalt hij eerst sap uit het fruit. Daartoe snijdt hij de vruchten fijn en doet ze in een speciale pan (figuur 1). Als het water in het onderste deel van de pan kookt, komt er hete stoom bij de vruchten. De sapcellen van de vruchten gaan daardoor kapot en suikers, kleur- en smaakstoffen komen vrij. Het ontstane vruchtensap lekt vervolgens door de gaatjes naar beneden. De vaste bestanddelen van de vruchten (de pulp) blijven achter.

figuur 1



Janos laat het vruchtensap uit de pan lopen en verdunt het met water. Aan dit verdunde vruchtensap voegt hij gist, gistvoedingszout (= ammoniumfosfaat), citroenzuur en extra suiker toe. Door het toevoegen van voldoende citroenzuur wordt de pH 3,5. Voor gist is dit de ideale pH om suiker om te zetten tot alcohol.

2p **6** Noem de twee scheidingsmethoden die Janos gebruikt om vruchtensap te verkrijgen uit vruchten.

3p **7** Geef de vergelijking voor het oplossen van gistvoedingszout.

2p **8** Bereken de $[H^+]$ in mol L^{-1} in vruchtensap met pH 3,5.

Tijdens de gisting ontstaan ook esters, die de wijn een fruitige smaak geven.
Eén van deze esters is ethylcaproaat, dat wordt gevormd uit hexaanzuur en ethanol.

3p **9** Geef de structuurformule van ethylcaproaat.

Picrinezuur

In mei 2009 kopte een krant: “Explosieve stof bij school tot ontploffing gebracht”.
De stof waar het hierbij om ging is picrinezuur, $C_6H_3N_3O_7$.
Picrinezuur is een gele vaste stof. In droge toestand is picrinezuur explosief. Daarom wordt het geleverd in potten waarin vast picrinezuur onder water staat.
De oplosbaarheid van picrinezuur is niet hoog, namelijk 1,4 gram per 100 mL. In een verzadigde oplossing van picrinezuur is 89% van het picrinezuur geïoniseerd. Hierdoor is een verzadigde oplossing van picrinezuur toch behoorlijk zuur.

3p **10** Bereken de molariteit, in mol L^{-1}, van een verzadigde oplossing van picrinezuur.

2p **11** Bereken de pH van deze verzadigde oplossing.

Bij de explosie van picrinezuur treedt een zogenoemde inwendige verbranding op. Bij een inwendige verbranding wordt de zuurstof niet door zuurstof uit de lucht geleverd, maar door de te verbranden stof zelf. Als picrinezuur explodeert, ontstaan koolstofdioxide, koolstofmono-oxide, water, waterstof en stikstof. De molverhouding waarin deze stoffen ontstaan, kan variëren.

3p **12** Geef de reactievergelijking voor een explosie van picrinezuur waarbij koolstofdioxide en koolstofmono-oxide in de molverhouding 1 : 11 ontstaan.

1p **13** Leg uit dat een inwendige verbranding niet kan worden bestreden met blusschuim, een poederblusser of een branddeken.

Een andere gevaarlijke eigenschap van picrinezuur is, dat het via een redoxreactie kan reageren met metalen. Hierbij ontstaan zogenoemde metaalpicraten. Deze metaalpicraten zijn nog explosiever dan picrinezuur. De vergelijking van de halfreactie van picrinezuur is hieronder gedeeltelijk weergegeven:

$$C_6H_3N_3O_7 \rightarrow C_6H_2N_3O_7^- + H_2$$

In deze vergelijking zijn e^- en de coëfficiënten weggelaten.

2p **14** Neem de vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

1p **15** Leg uit of picrinezuur in de reactie met een metaal als oxidator of als reductor reageert.

Springstof

In de mijnbouw en wegenbouw wordt gebruikgemaakt van springstoffen.
Deze stoffen worden ingezet om explosies te veroorzaken. Een explosie is een chemische reactie die aan drie voorwaarden voldoet:

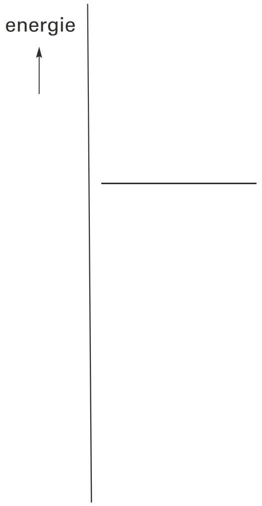
- de reactie verloopt snel;
- er wordt (veel) gas geproduceerd;
- de reactie is exotherm.

Een voorbeeld van zo'n springstof is ammoniumnitraat (NH_4NO_3).
De explosie van ammoniumnitraat kan als volgt worden weergegeven:

$$2\ NH_4NO_3(s) \rightarrow 2\ N_2(g) + 4\ H_2O(g) + O_2(g)$$

3p **16** Bereken de reactiewarmte per mol ammoniumnitraat van de explosie van ammoniumnitraat.

3p **17** Schets het energiediagram van deze reactie en zet bij alle energieniveaus de juiste bijschriften. Gebruik hierbij de figuur hieronder.



Het gezamenlijke volume van de gassen die zijn ontstaan bij de explosie is veel groter dan het volume van de vaste stof die aanwezig was voor de explosie. Dit is de belangrijkste verklaring voor de drukgolf die ontstaat.
Het gezamenlijke volume van de gassen die zijn ontstaan bij de explosie kan worden berekend. Neem aan dat onder de gegeven omstandigheden voor elk soort gas geldt dat het volume van een mol gas 62,5 dm^3 bedraagt.

3p **18** Bereken het gezamenlijke volume in dm^3 van de gassen die ontstaan tijdens de explosie van 100 g ammoniumnitraat.

© ThiemeMeulenhoff

Geen gaatjes

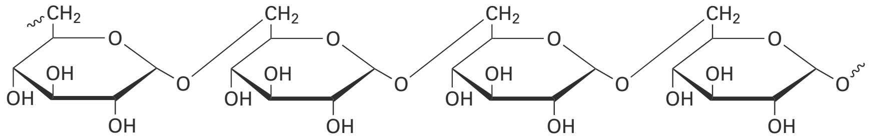
Wat zou het mooi zijn: snoepen zonder dat je gebit wordt aangetast. In de toekomst is dat misschien mogelijk.

Streptococcus mutans, een bacterie aanwezig in de mond, is een belangrijke veroorzaker van tandbederf. Hij zet sacharose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, om tot glucan, een polymeer van glucose.
Deze omzetting vindt plaats door het enzym glucansucrase.
Glucansucrase zet eerst sacharose om tot glucose en fructose (reactie 1).
Vervolgens zet hetzelfde enzym de vrijgekomen glucose om tot glucan (reactie 2).
De energie die vrijkomt bij reactie 1, wordt gebruikt voor reactie 2.
Glucan functioneert als een soort lijm bij de hechting van de bacterie aan het tandoppervlak.
De bacterie produceert ook melkzuur, $C_3H_6O_3$. Melkzuur kan reageren met hydroxyapatiet, $Ca_5(PO_4)_3OH$, het belangrijkste bestanddeel van tandglazuur. Daardoor kunnen gaatjes ontstaan.
Aan de Rijksuniversiteit Groningen wordt onderzoek gedaan naar stoffen die de werking van glucansucrase remmen.

naar: www.wired.co.uk/news/tooth-decay-enzyme-identified

Hieronder is een fragment van de structuurformule van glucan weergegeven:

figuur 1

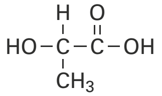


1p **19** Geef de naam van het belangrijkste bindingstype dat betrokken is bij de binding van glucanmoleculen onderling.

2p **20** Is reactie 2 een endotherme of een exotherme reactie? Licht je antwoord toe met behulp van een gegeven in de tekst.

Melkzuur is een zwak zuur.
(zie figuur 2 hiernaast).

figuur 2



2p **21** Geef de reactievergelijking waaruit blijkt dat een melkzuuroplossing een pH heeft die kleiner dan 7 is. Noteer hierin melkzuur als $C_3H_6O_3$.

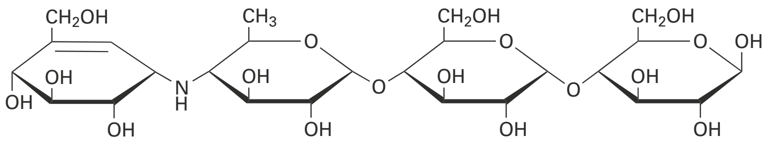
Hydroxyapatiet, dat voorkomt in tandglazuur, is een zout dat bestaat uit drie ionsoorten.

1p **22** Geef de formule van een deeltje in hydroxyapatiet dat met een zuur kan reageren.

© ThiemeMeulenhoff

Acarbose is een stof die de werking van het enzym glucansucrase remt.
De structuurformule van acarbose is hieronder weergegeven.

figuur 3



De remmende werking die acarbose heeft op het enzym glucansucrase, is te verklaren doordat de molecuulbouw van acarbose (figuur 3) en van glucan (figuur 1) overeenkomsten vertonen maar ook verschillen. Tot de overeenkomsten behoort de opbouw uit monosacharide-eenheden.

3p **23** Noem drie verschillen tussen de molecuulbouw van acarbose en glucan.

De stof die glucansucrase remt, mag andere enzymen niet remmen. Dus ook niet het enzym amylase dat in speeksel voorkomt en zetmeel omzet tot glucose.
Of acarbose ook amylase remt, is onderzocht in enkele experimenten.
Daarbij wordt ook gebruikgemaakt van speeksel, een verdunde zetmeeloplossing en JJK. JJK is een geelbruine, jood-bevattende oplossing die met zetmeel blauw kleurt.
De experimenten worden uitgevoerd in reageerbuizen bij een temperatuur van 37 °C.
Van JJK worden enkele druppels toegevoegd 1 minuut nadat de overige stoffen bij elkaar zijn gevoegd.
Het onderzoek is in de onderstaande tabel samengevat.

experiment	zetmeel-oplossing (mL)	acarbose-oplossing (mL)	speeksel (mL)	water (mL)	kleur na toevoegen JJK
1	5,00	–	–	5,00	blauw
2	5,00	–	1,00	4,00	geelbruin
3	5,00	1,00	1,00	3,00	blauw

1p **24** Geef aan dat uit de experimenten 1 en 2 blijkt dat zetmeel wordt omgezet onder invloed van speeksel.

2p **25** Leg uit of amylase in speeksel geremd wordt door acarbose.

Een persbericht sprak over de 'uitschakeling van het tandbederf-veroorzakende enzym'. Chemisch gezien is deze uitspraak onjuist.
3p **26** Beschrijf in het kort op chemisch juiste wijze hoe het tandbederf wordt tegengegaan wanneer het enzym wordt uitgeschakeld.

 © ThiemeMeulenhoff

Examenopgaven per onderwerp met hints om je op weg te helpen en uitleg bij de antwoorden. Ook handig bij de voorbereiding op je schoolexamens!

Deel 1 Oefenen op onderwerp

1 Van atomen tot stoffen

Ouderdomsbepaling

Er zijn verschillende manieren om de ouderdom van gesteenten te bepalen. Eén daarvan is de kalium-argonmethode (^{40}K - ^{40}Ar-methode). Deze methode is gebaseerd op de veronderstelling dat vloeibare gesteenten geen argon kunnen bevatten. Men gaat hiervan uit omdat argon behoort tot een groep elementen die zich chemisch niet laat binden. Bovendien kan argon gemakkelijk uit een gesmolten massa ontsnappen omdat het een gas is. Om deze redenen veronderstelt men dat alle ^{40}Ar dat in een gesteente aanwezig is, pas na het stollen van dat gesteente is gevormd uit ^{40}K. De uitkomst van de berekeningen met deze methode zijn van belang geweest om de ouderdom van de aardkorst en van vulkanische gesteenten te bepalen.

naar: http://users.pandora.be/rudi.meekers/creabel/dating.htm

1 Geef de naam van de groep elementen in het periodiek systeem die in de regels 4 en 5 van de tekst wordt bedoeld.

Atomen zijn opgebouwd uit protonen, neutronen en elektronen.

2 Geef in de onderstaande bijlage aan of het aantal protonen, neutronen en elektronen in een atoom ^{40}K gelijk of ongelijk is aan het aantal protonen, neutronen en elektronen in een atoom ^{40}Ar.
Noteer je antwoord door in de tabel ‘gelijk’ of ‘ongelijk’ in te vullen.

bijlage bij vraag 2

	in ^{40}K en in ^{40}Ar
aantal protonen	
aantal neutronen	
aantal elektronen	

Bij de kalium-argonmethode wordt het gesteente zo behandeld dat de hoeveelheid ^{40}Ar kan worden gemeten. Bij gesteenten die voor een gedeelte bestaan uit olivijn wordt soms een onjuiste ouderdom bepaald. Dit wordt veroorzaakt doordat tijdens het stollen van olivijn al een hoeveelheid ^{40}Ar in de olivijnkristallen werd ingesloten.

3 Beredeneer of ten gevolge van het insluiten van ^{40}Ar tijdens het stollen de ouderdom van het gesteente als ouder of als jonger dan de werkelijke ouderdom wordt bepaald.

Olivijnkristallen bestaan onder andere uit magnesiumorthosilicaat (Mg_2SiO_4).
Uit de formule van magnesiumorthosilicaat kan de formule van het orthosilicaation worden afgeleid.

4 Geef de formule van het orthosilicaation.

© ThiemeMeulenhoff

Uraan

In natuurlijk uraan komen uraanatomen met massagetal 235 (^{235}U) en uraanatomen met massagetal 238 (^{238}U) voor.

5 Uit hoeveel protonen en hoeveel neutronen bestaat de kern van een atoom ^{238}U?
Noteer je antwoord als volgt:
aantal protonen: …
aantal neutronen: …

Uraan wordt gewonnen uit uraanerts, U_3O_8. Uraan kan meerdere ladingen hebben, namelijk 2+, 3+, 4+ en 6+.

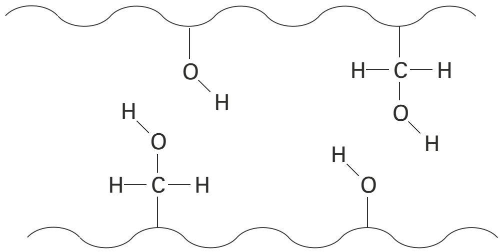
6 Welke twee ladingen van U komen voor in U_3O_8?

De atoomsoorten U-235 en U-238 zijn radioactief.

7 Hoe noemen we atomen met eenzelfde aantal protonen, maar met een verschillend massagetal?

Papier

Papier bestaat grotendeels uit vezels (cellulose). De binding tussen de papiervezels wordt verkregen door waterstofbruggen tussen de hydroxylgroepen die in cellulose aanwezig zijn. Hieronder staan twee cellulosemoleculen schematisch weergegeven:



8 Teken tussen deze moleculen twee waterstofbruggen.
Teken de waterstofbruggen als •••.

Om de kwaliteit van het papier te verbeteren, worden doorgaans vulstoffen en hulpstoffen toegevoegd. Zo kan titaanwit 'titaan(IV)oxide' worden toegevoegd om het papier minder doorzichtig te maken.

9 Geef de formule van titaanwit.

© ThiemeMeulenhoff

Vochtvreter

Om de lucht in vochtige ruimten zoals kelders en meterkasten te drogen, kan men gebruikmaken van een zogenoemde vochtvreter. Deze bestaat uit een hoeveelheid calciumchloride dat op een soort zeefje boven een opvangbakje wordt geplaatst. Het calciumchloride neemt het water op, waarbij calciumchloridedihydraat ontstaat.

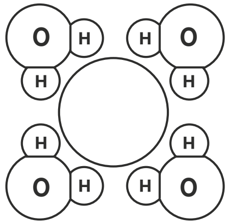
10 Geef de formule van calciumchloridedihydraat.

Het zout calciumchloride bestaat uit calcium- en chloride-ionen.

11 Leg uit dat een calciumion evenveel elektronen bevat als een chloride-ion.

Bij het oplossen van calciumchloride in water worden de ionen gehydrateerd. Eén van deze gehydrateerde ionen is hiernaast getekend.

12 Leg uit of hiernaast een gehydrateerd positief of een gehydrateerd negatief ion is getekend.



Natrojarosiet

Natrojarosiet is een zout dat bestaat uit twee soorten positieve en twee soorten negatieve ionen. De formule is $NaFe_3(SO_4)_2(OH)_6$.

13 Leid de lading af van de ijzerionen in $NaFe_3(SO_4)_2(OH)_6$.

14 Geef de formule van het ijzeroxide waarin het ijzerion dezelfde lading heeft als in natrojarosiet.

Jood en jodide

Een mengsel van jood I_2(s), en kaliumjodide, KI(s), wordt verwarmd.
Het jood verdampt, het kaliumjodide niet.

15 Verklaar aan de hand van de bindingstypen in beide stoffen dat jood gemakkelijker verdampt van kaliumjodide.

16 Geef voor jood en kaliumjodide aan welk type kristalrooster ze hebben in vaste toestand.
Noteer je antwoord als volgt:
roostertype I_2: ...
roostertype KI: ...

17 Verklaar dat jood beter in wasbenzine oplost dan kaliumjodide dat doet.
Vermeld in je uitleg ook de aard van de drie stoffen.

Een mengsel van jood en kaliumjodide kan worden gescheiden door gebruik te maken van dit verschil in oplosbaarheid.

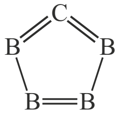
18 Beschrijf dit experiment kort maar volledig en noem de drie scheidingsmethoden die daarbij nodig zijn.

© ThiemeMeulenhoff

Structuur van boorcarbide

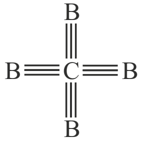
Boorcarbide, B_4C, is één van de hardste stoffen die bestaan. De stof heeft een uitzonderlijk hoog smeltpunt: ongeveer 2400 °C.

Vroeger kon je op internet onderstaande structuurformules van boorcarbide tegenkomen.



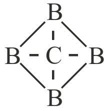
I

en



II

en



III

19 Leg uit dat structuurformule II, gelet op de aantallen getekende bindingen van het koolstofatoom, onjuist is.

Booratomen kunnen, net als koolstofatomen, covalente bindingen (atoombindingen) vormen. In booratomen komen twee soorten elektronen voor: elektronen die aan de vorming van covalente bindingen kunnen deelnemen en elektronen die dat niet kunnen. Uit bovenstaande formules is af te leiden hoeveel elektronen een booratoom beschikbaar heeft om covalente bindingen te vormen.

20 Leg uit, aan de hand van structuurformules I en III, hoeveel elektronen een booratoom beschikbaar heeft om covalente bindingen te vormen.

21 Leg uit hoeveel elektronen in een booratoom niet aan het vormen van covalente bindingen deelnemen.

22 Beargumenteer met behulp van begrippen op microniveau (deeltjesniveau) waarom, gelet op het hoge smeltpunt van boorcarbide, geen van bovenstaande structuurformules juist is.

Karaat

Zuiver goud is een te zacht metaal om sieraden van te maken. Het wordt daarom gemengd met andere metalen zoals koper, zilver, nikkel en zink.
Het goudgehalte van sieraden wordt aangegeven in karaat. Eén karaat komt overeen met 1/24 massadeel goud: 24 karaats goud is zuiver goud.
Een bepaald sieraad is gemaakt van rood goud, een legering (mengsel) van goud en koper. Het sieraad weegt 4,8 gram en er staat bij dat het van 18 karaats goud is gemaakt.

23 Bereken hoeveel gram goud dit sieraad bevat.

24 Bereken het aantal mol koper per mol goud in dit sieraad.
Geef de berekening en noteer je antwoord als:
aantal mol koper : aantal mol goud = ... : 1,0

Sportdrank

Op het etiket van een flesje sportdrank staat het volgende.

etiket

Ingrediënten: water, sacharose, fructose, maltodextrine, druivensuiker, voedingszuur (citroenzuur), kaliumcitraat, aroma, natriumchloride, antioxidant (L-ascorbinezuur), kleurstoffen (E102, E110, E133), stabilisator (E414, E445), conserveermiddelen (E242, E202).

Gemiddelde voedingswaarde per 100 mL	
Energie	130 kJ/31 kcal
Eiwitten	0 g
Koolhydraten	7 g
– waarvan suikers	5,4 g
Vet	0 g
– waarvan verzadigd	0 g
Voedingsvezel	0 g
Natrium	38 mg
Kalium	26 mg

Dé isotone sportdrank die dorst krachtig lest en mineralen snel weer aanvult.

De koolhydraten (regel 8) zijn sacharose, fructose, maltodextrine en druivensuiker. Sacharose, fructose en druivensuiker zijn suikers die goed oplossen in water. De structuurformules van deze suikers staan in Binas-tabel 67A.

25 Verklaar aan de hand van de structuurformules met behulp van begrippen op microniveau waardoor deze suikers goed oplossen in water.

Met de aanduiding kalium (regel 14) kunnen verschillende soorten deeltjes worden bedoeld.

26 Geef de formule van de kaliumdeeltjes die in de sportdrank voorkomen.

Een oplossing wordt isotoon genoemd wanneer de som van de concentraties (in mol L^{-1}) van alle opgeloste deeltjes (ionen én moleculen) even groot is als in bloed. De totale concentratie van de opgeloste deeltjes in een isotone oplossing bedraagt 0,29 mol L^{-1}. Een leerling bedenkt dat zij zelf eenvoudig een liter isotone sportdrank kan maken die bestaat uit water, keukenzout en suiker ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Ze neemt daarvoor 4,0 gram keukenzout (NaCl) en een hoeveelheid suiker.

27 Bereken het totale aantal mol ionen in 4,0 g NaCl.

28 Bereken hoeveel gram suiker ($C_{12}H_{22}O_{11}$) de leerling moet nemen om een liter isotone drank te maken waarin ook 4,0 g NaCl is opgelost.

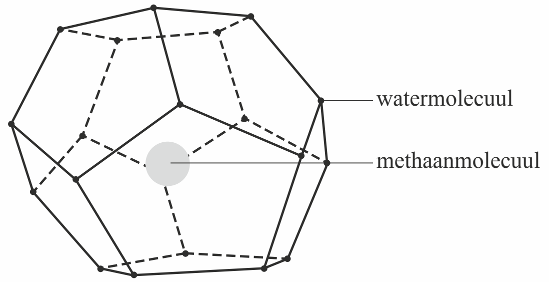
Groene brandstof uit ijs

Deze opgave gaat over een nieuwe soort "groene" brandstof.

tekstfragment 1

Volgens Amerikaans onderzoek is het mogelijk groene brandstof te winnen uit methaanhydraat, ook wel methaanijs genoemd. Het ziet eruit als ijs en bevat methaan. Methaanijs komt voor in de oceaanbodem. De voorraad methaan is er minstens tweemaal zo groot als de wereldwijde reserve aan fossiele brandstoffen. Echter, een probleem is dat bij verbranding van methaan koolstofdioxide vrijkomt.

Het onderzoek laat zien dat methaan uit methaanijs toch als een groene brandstof kan dienen. De geologen van het United States Geological Survey (USGS) ontdekten dat het injecteren van koolstofdioxide in methaanijs de oplossing kan zijn. Methaanhydraat blijkt CO_2 moleculen te verkiezen boven CH_4 moleculen. CH_4 moleculen komen er dus uit en CO_2 moleculen nemen spontaan hun plaats in. Zo slaat men twee vliegen in een klap: men wint energie (methaan) en ontdoet zich van CO_2. Volgens Tim Collett (USGS) werkt de techniek in het laboratorium. Een oliebedrijf in Alaska test of de techniek op grotere schaal kan worden toegepast.



figuur 1
Moleculaire structuur van methaanijs

naar: www.mo.be/artikel/ijs-kan-groene-brandstof-worden

Methaanijs is een vaste stof die bestaat uit methaanmoleculen en watermoleculen. De methaanmoleculen zijn in de holtes van het kristalrooster van ijs ingesloten. Zie de schematische weergave in figuur 1. Vanwege de speciale omstandigheden op de zeebodem (een temperatuur lager dan 4 °C en een druk van meer dan 50 bar) is het methaanijs gevormd.

29 Leg uit op microniveau waardoor methaan en water onder normale omstandigheden slecht mengen.

© ThiemeMeulenhoff

De verhouding tussen de methaanmoleculen en watermoleculen in methaanijs is 1 : 5 of 1 : 6, met een gemiddelde van 1,00 : 5,75. Methaanijs kan daarom worden weergegeven als $CH_4 . 5{,}75H_2O$.

30 Bereken het massapercentage methaan in methaanijs.

31 Bereken hoeveel dm^3 methaan ($p = p_0$, T = 298 K) maximaal gewonnen kan worden uit 1,0 dm^3 methaanijs.
Gebruik de volgende gegevens:
- het volume van een mol methaan ($p = p_0$, T = 298 K) is 24,5 dm^3;
- de dichtheid van methaanijs is 0,90 kg dm^{-3}.

Het is belangrijk dat bij de winning van methaan uit methaanijs geen methaan in de atmosfeer terechtkomt omdat het een broeikasgas is. De mate waarin een bepaald soort broeikasgas bijdraagt aan het broeikaseffect wordt Global Warming Potential (GWP) genoemd.
Zo heeft methaan een GWP van 25. Dat houdt in dat 1,00 kg methaan 25 maal zoveel bijdraagt als 1,00 kg CO_2 aan het broeikaseffect in een periode van 100 jaar.

32 Bereken hoeveel mol koolstofdioxide dezelfde bijdrage aan het broeikaseffect levert als 1,00 mol methaan (in een periode van 100 jaar).

Azijnsoorten

Er zijn verschillende oplossingen bekend die azijnzuur (ethaanzuur, CH_3COOH) bevatten. Hieronder worden vier soorten genoemd.
Azijn is een oplossing die 4,0 gram azijnzuur per 100 mL bevat. Het is als een kleurloze maar ook als een bruine vloeistof te koop. In het laatste geval is karamel toegevoegd. Is het azijnzuur verkregen uit alcohol (de zogenoemde natuurlijke methode) dan gebruikt men wel de aanduiding *'natuurazijn'*.
Dubbele azijn bevat ten minste 8,0 gram azijnzuur per 100 mL. Het wordt onder andere gebruikt als schoonmaakazijn.
Kruidenazijn is een azijn waaraan een natuurlijk extract van één of meer kruiden is toegevoegd. In plaats van het extract kunnen ook blaadjes en/of takjes van het kruid worden toegevoegd.
Azijnessence is een vloeistof die 80 gram azijnzuur per 100 mL bevat.

33 Bereken de molariteit van het azijnzuur in azijn.

Uitgaande van azijnessence kan door het toevoegen van water dubbele azijn worden verkregen.

34 Beschrijf hoe je 1,0 liter dubbele azijn verkrijgt met een azijnzuurgehalte van 8,0 g per 100 mL, wanneer je uitgaat van azijnessence.

© ThiemeMeulenhoff

Alcohol

Elk soort alcoholhoudende drank heeft zijn eigen alcoholpercentage. Toch maakt het voor de hoeveelheid alcohol die je binnen krijgt, nauwelijks iets uit of je een glas bier (met 5,0 volumeprocent alcohol) of een glas wijn (met 12 volumeprocent alcohol) drinkt. Alcohol wordt door het lichaam snel opgenomen en afgebroken. Het grootste deel komt in de dunne darm en wordt daar sneller opgenomen dan andere voedingsstoffen. Daarna verspreidt het zich via het bloed gelijkmatig over de totale hoeveelheid lichaamsvloeistof. Het bloedalcoholgehalte (BAG) wordt uitgedrukt in promille. Een promillage van 0,50 wil zeggen dat 1,0 liter bloed 0,50 gram pure alcohol bevat. Bij het besturen van een voertuig is maximaal een BAG van 0,50 promille toegestaan.

naar: Biochemistry

35 Laat door een berekening zien dat het juist is wat in de tweede zin (regels 1-4) staat. Neem daarbij aan dat een bierglas met 250 mL bier wordt gevuld en een wijnglas met 100 mL wijn.

36 Bereken de molariteit (in mol L^{-1}) van alcohol (ethanol) in bloed met een BAG van 0,50 promille.

37 Leg aan de hand van de bouw van het ethanolmolecuul uit dat alcohol zowel in water als in vet goed oplosbaar is.

© ThiemeMeulenhoff

Hints bij hoofdstuk 1

2 massagetal = aantal protonen + aantal neutronen.
Het aantal protonen in een atoom is gelijk aan het aantal elektronen.

3 De omzetting van ^{40}K in ^{40}Ar gaat erg langzaam.

4 Er moet evenveel + als –lading zijn.

5 Gebruik Binas 40A.

6 Welke positieve lading moeten de uraanionen samen hebben?

8 Een waterstofbrug treedt op tussen $H^{\delta+}$ en $O^{\delta-}$.

9 Een oxide-ion is O^{2-}.

10 Een zouthydraat is een vast zout met kristalwater.

11 Bereken voor elke ionsoort het aantal elektronen.

12 Is H in een watermolecuul $\delta-$ of $\delta+$?

13 Bereken de totale hoeveelheid negatieve lading.

14 Een oxide-ion is O^{2-}.

15 Ga na bij welke soorten de atomen horen: metaal of niet-metaal.

17 Denk aan ‘soort zoekt soort’.

18 Voeg eerst wasbenzine toe.

19 Ieder streepje is een atoombinding. Denk aan de covalentie van koolstof.

20 Voor elk elektronenpaar levert boor een elektron.

21 Hoeveel elektronen heeft een booratoom?

22 Wat weet je over het smeltpunt van moleculaire stoffen?

24 Gebruik Binas 99 of 40A.

25 Welke soort binding is aanwezig tussen moleculen met OH groepen?

27 Bij oplossen van 1 mol NaCl ontstaan 2 mol ionen.

28 Grammen moeten in mol worden omgerekend en omgekeerd.

29 Wat voor type bindingen bevatten methaan en water?

30 De molaire massa van $CH_4.5{,}75H_2O$ is de massa van 1 mol CH_4 plus 5,75 mol H_2O.

31 Uit 1 mol methaanijs ontstaat 1 mol methaan.

32 De massaverhouding tussen CH_4 en CO_2 is 1 : 25.

33 Gebruik de molaire massa van azijnzuur.

34 Hoeveel gram azijnzuur heb je nodig voor 1,0 L dubbele azijn?

36 De massa van een mol alcohol vind je in Binas 98.

37 Denk aan ‘soort zoekt soort’.

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij hoofdstuk 1

Ouderdomsbepaling

1 edelgassen
Argon, met atoomnummer 18, staat in de 18e groep van het periodiek systeem (Binas 99).

2

	in ^{40}K en in ^{40}Ar
aantal protonen	ongelijk
aantal neutronen	ongelijk
aantal elektronen	ongelijk

^{40}K heeft 19 protonen, 19 elektronen en 21 neutronen; ^{40}Ar heeft 18 protonen, 18 elektronen en 22 neutronen.

3 ^{40}Ar ontstaat in de loop der tijd uit ^{40}K. Als er al ^{40}Ar is ingesloten, lijkt er meer ^{40}Ar te zijn gevormd, dus lijkt het gesteente ouder dan in werkelijkheid.

4 De formule van het orthosilicaation is SiO_4^{4-}
De lading van twee magnesiumionen is 4+. Zouten hebben geen (netto)lading ⇒ de lading van het orthosilicaation zal 4– zijn.

Uraan

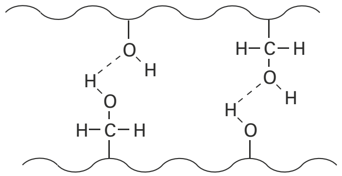
5 aantal protonen: 92
aantal neutronen: 146
Het aantal protonen in het uraanatoom is gelijk aan het atoomnummer: 92 (Binas 40A).
Het massagetal, 238, is het totale aantal protonen en neutronen in de kern.

6 4+ en 6+
De 8 oxide-ionen hebben samen een lading van 16–. De drie uraanionen moeten samen een lading 16+ hebben. Dit kan alleen met 1 U^{4+} en 2 U^{6+} ionen.

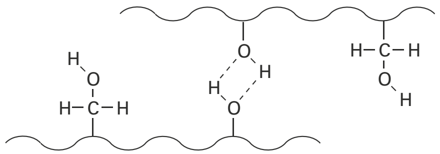
7 Isotopen
Atoomsoorten met hetzelfde aantal protonen staan in het periodiek systeem op dezelfde plaats.

Papier

8 Voorbeelden van een goed antwoord:



of



Een waterstofbrug treedt op tussen een H van een OH (of NH) binding en de O (of N) van een andere OH (of NH) binding.

9 TiO_2
Titaan(IV)oxide bestaat uit titaan(IV)ionen, Ti^{4+} en oxide-ionen, O^{2-}.

© ThiemeMeulenhoff

Vochtvreter

10 $CaCl_2.2H_2O$

11 Het atoomnummer van calcium is 20, dus een calciumatoom heeft 20 protonen en 20 elektronen. Een ion Ca^{2+} heeft twee elektronen minder, dus 18 elektronen.
Een chlooratoom heeft 17 protonen en 17 elektronen. Een ion Cl^- heeft één elektron meer, dus 18 elektronen, evenveel als Ca^{2+}.

12 Water bezit polaire O–H bindingen, waarbij de negatieve lading (δ–) zich bevindt op zuurstof dat sterker aan de elektronen trekt dan waterstof.
De waterstofatomen die in het watermolecuul de positieve lading (δ+) dragen, zijn in de tekening (zie opgave) naar het (gehydrateerde) ion toegekeerd.
Dat is het geval indien het ion zelf een *negatieve* lading draagt.

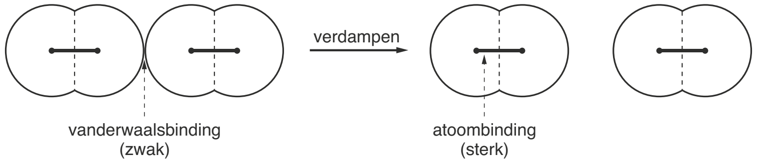
Natrojarosiet

13 De lading van sulfaationen is 2–, de lading van hydroxide-ionen is 1–. In natrojarosiet is de totale negatieve lading is 2 · 2– + 6 · 1– = 10–. De lading van het natriumion is 1+. De drie ijzerionen in natrojarosiet moeten dus een lading 9+ hebben (want het zout is neutraal) ⇒ de lading van elk ijzerion is 3+.

14 Fe_2O_3
Omdat de lading van een oxide-ion 2– is, zijn er twee ijzer(III)ionen nodig om de lading van drie oxide-ionen te compenseren.

Jood en jodide

15 In het zout KI zijn er sterke elektrische aantrekkingskrachten tussen K^+ en I^- ionen.
Bindingstype: ionbinding. KI heeft dus een hoog kookpunt en verdampt niet.
Jood bestaat, ook in de gasfase, uit I_2 moleculen. Bij het vervluchtigen (sublimeren) van het vaste jood wordt dus niet de (sterke) atoombinding verbroken, maar slechts de zwakke vanderwaalsbinding tussen de I_2 moleculen onderling (zie tekening).



16 roostertype I_2 : molecuulrooster
roostertype KI: ionrooster
I_2 bestaat uit moleculen; in de vaste toestand houden de vanderwaalskrachten de moleculen op hun plaats.
KI is een zout dat bestaat uit K^+ en I^- ionen. Aantrekking tussen deze ionen zorgt voor een ionrooster.

17 Door de atoombinding in het joodmolecuul is jood een apolaire stof net als wasbenzine. Volgens de vuistregel 'soort zoekt soort' zal jood dus goed in wasbenzine kunnen oplossen.
Kaliumjodide is een zout (met ionbinding). Als een zout oplost, kan dat alleen maar in water.

© ThiemeMeulenhoff

18 Breng het mengsel in een reageerbuis of erlenmeyer en voeg voldoende wasbenzine toe. Dan zal alleen het jood oplossen. Giet de vloeistof door een filter.
De kaliumjodide blijft achter. Spoel na met nieuwe wasbenzine totdat alle (opgeloste) jood door het filter is gelopen.
Kaliumjodide en jood zijn zuiver te verkrijgen door de wasbenzine te laten verdampen. Bij jood bij voorkeur in een destillatieopstelling.
De gebruikte scheidingsmethoden zijn: extractie, filtratie en destillatie (of indampen)

Structuur van boorcarbide

19 *Mogelijke antwoorden:*
- C kan 4 atoombindingen vormen. In structuurformule II heeft C 12 (atoom)bindingen.
- De covalentie van C is 4, in formule II zou deze 12 zijn.

20 B heeft in beide formules drie atoombindingen. Dat betekent dat elk booratoom drie elektronen beschikbaar heeft voor het vormen van bindingen.

21 Boor heeft atoomnummer 5, dus 5 elektronen (in een neutraal atoom).
Boor vormt drie bindingen (zie uitwerking 20). Twee elektronen nemen dus niet deel aan de vorming van atoombindingen.
Deze twee elektronen bevinden zich in de eerste schil (de K schil).

22 In alle drie de structuurformules is sprake van groepjes niet-metalen. Er is dus sprake van moleculen. Deze blijven bij elkaar door (zwakke) vanderwaalsbindingen. Daardoor hebben moleculaire stoffen hebben nooit een erg hoog smeltpunt. Dit is niet in overeenstemming met de genoemde hoge smelttemperatuur van boorcarbide.

Karaat

23 Het sieraad bevat $\frac{18}{24} \cdot 4{,}8 \text{ g} = 3{,}6 \text{ g}$ goud.

24 Het sieraad van 4,8 g bevat 3,6 g goud en 4,8 – 3,6 = 1,2 g koper.
Met behulp van Binas 99 bereken je: 3,6 g goud = $\frac{3{,}6 \text{ g}}{197{,}0 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}018$ mol Au

en 1,2 g koper = $\frac{1{,}2 \text{ g}}{63{,}55 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}018$ mol Cu

Conclusie: aantal mol koper : aantal mol goud = 1,0 : 1,0

Sportdrank

25 Suikermoleculen bevatten OH groepen; deze kunnen waterstofbruggen vormen met watermoleculen.
Soort zoekt soort: suikers en water zullen goed mengen.

26 K^+
In oplossing kunnen alleen ionen voorkomen. De lading van een kaliumion is 1+.

© ThiemeMeulenhoff

27 De massa van 1 mol NaCl is 58,443 g (Binas 98)
4,0 g NaCl komt overeen met $\frac{4{,}0 \text{ g}}{58{,}443 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}0684$ mol NaCl.

Bij oplossen van 1 mol NaCl komt 1 mol Na^+ en 1 mol Cl^- vrij, in totaal dus 2 mol ionen ⇒ 0,0684 mol NaCl levert 2 · 0,0684 = 0,14 mol ionen (2 significante cijfers).

28 Per liter moet het totale aantal deeltjes 0,29 mol zijn. Er zijn al 0,14 mol ionen.
De suikerconcentratie moet dus 0,29 – 0,14 = 0,15 mol per liter zijn.
De massa van 1 mol $C_{12}H_{22}O_{11}$ is 342,30 g (Binas 98) ⇒ de massa van 0,15 mol suiker is 0,15 mol · 342,30 g mol^{-1} = 51 gram (2 significante cijfers).
Het is niet juist om aan 1 liter zoutoplossing 51 g suiker toe te voegen, omdat dit een effect op het volume kan hebben en dus op de concentratie. Zo'n isotone oplossing krijg je door bijvoorbeeld 4,0 g NaCl en 51 g suiker op te lossen in een halve liter water en dat met gedestilleerd water aan te vullen tot een liter.

Groene brandstof uit ijs

29 Methaanmoleculen bevatten geen OH of NH groep. Daardoor kunnen ze geen waterstofbruggen vormen met watermoleculen.

30 De massa van 1 mol $CH_4.5{,}75H_2O$ is 16,043 + (5,75 · 18,015) = 119,6 g mol^{-1} (Binas 98). Het massapercentage methaan in het methaanijs is:
$$\frac{\text{massa van 1 mol methaan}}{\text{massa van 1 mol methaanijs}} \cdot 100\% = \frac{16{,}043 \text{ g mol}^{-1}}{119{,}6 \text{ g mol}^{-1}} \cdot 100\% = 13{,}4\%$$
(3 significante cijfers).

31 1,0 dm^3 methaanijs heeft een massa van 0,90 kg = 0,90 · 10^3 g.
De massa van 1 mol methaanijs is 120 g (zie uitwerking vraag 30).
0,90 · 10^3 g methaanijs komt dus overeen $\frac{0{,}90 \cdot 10^3 \text{ g}}{120 \text{ g mol}^{-1}} = 7{,}52$ mol methaanijs.

De molverhouding van $CH_4.5{,}75H_2O$ en CH_4 = 1 : 1 ⇒
7,52 mol methaanijs bevat 7,52 mol methaan.
Het volume van 1 mol methaan is 24,5 dm^3. 7,52 mol methaan heeft dus een volume van 7,52 mol · 24,5 dm^3 mol^{-1} = 1,8 · 10^2 dm^3 (2 significante cijfers).

32 Om dezelfde bijdrage aan het broeikaseffect te leveren, zou de massa van CO_2 25 maal zoveel mogen bedragen als die van methaan (GWP = 25). De massaverhouding tussen CH_4 en CO_2 is dan 1 : 25.
methode 1
1,00 mol CH_4 heeft een massa van 16,043 g (Binas 98).
16,043 g methaan heeft hetzelfde broeikaseffect als 25 · 16,043 g = 4,01 · 10^2 g CO_2.
De massa van 1 mol CO_2 is 44,010 g (Binas 98) ⇒
4,01 · 10^2 g CO_2 komt overeen met $\frac{4{,}01 \cdot 10^2 \text{ g}}{44{,}010 \text{ g mol}^{-1}} = 9{,}1$ mol CO_2 (2 significante cijfers).

© ThiemeMeulenhoff

methode 2

1,00 kg = 1,00 · 10^3 g CH_4 komt overeen met $\frac{1{,}00 \cdot 10^3\ g}{16{,}043\ g\ mol^{-1}}$ = 62,33 mol CH_4.

1,00 · 10^3 g CH_4 levert dezelfde bijdrage als 1,00 · 10^3 · 25 = 2,50 · 10^4 g CO_2 (gegeven).
De massa van 1 mol CO_2 is 44,010 g (Binas 98) ⇒
2,50 · 10^4 g CO_2 komt overeen met $\frac{2{,}50 \cdot 10^4\ g}{44{,}010\ g\ mol^{-1}}$ = 5,68 · 10^2 mol CO_2.

Dit levert dezelfde bijdrage aan het broeikaseffect als 1,00 kg CH_4.
1,00 mol CH_4 heeft een massa van 16,043 g (Binas 98) ⇒
Het aantal mol CO_2 dat dezelfde bijdrage levert aan het broeikaseffect als 1,00 mol CH_4 is dus $\frac{5{,}68 \cdot 10^2}{62{,}33}$ = 9,1 mol CO_2 (2 significante cijfers).

Azijnsoorten

33 De massa van 1 mol azijnzuur $C_2H_4O_2$ is 2 · 12,01 + 4 · 1,008 + 2 · 16,00 = 60,05 g (Binas 99).
Azijn bevat 4,0 g azijnzuur per 100 mL, dus per L 40 gram of $\frac{40\ g}{60{,}05\ g\ mol^{-1}}$ = 0,67 mol.
De molariteit van het azijnzuur is 0,67 (M of mol L^{-1}).
Antwoord in 2 significante cijfers. De molaire massa van azijnzuur kun je berekenen met Binas 99, maar staat ook in Binas 98 onder CH_3COOH.

34 Azijnessence bevat 80 gram azijnzuur in 100 mL.
Dubbele azijn bevat 8,0 g azijnzuur in 100 mL. Voor 1 L is dus nodig 10 · 8,0 = 80 gram azijnzuur.
Om de gevraagde hoeveelheid dubbele azijn te maken moet je dus:
100 mL azijnessence met water aanvullen tot 1,0 L
(= aan 100 mL azijnessence 900 mL water toevoegen).

Alcohol

35 250 mL bier bevat 250 · 0,050 = 13 mL alcohol (2 significante cijfers).
100 mL wijn bevat 100 · 0,12 = 12 mL alcohol.

36 Een BAG van 0,50‰ betekent 0,50 g alcohol per liter bloed (gegeven).
De massa van 1 mol alcohol is 46,069 g (in Binas 98 als CH_3CH_2OH).
0,50 g komt overeen met $\frac{0{,}50\ g}{46{,}069\ g\ mol^{-1}}$ = 0,011 mol alcohol (in 1 liter).

Een BAG van 0,50‰ betekent dus een alcoholconcentratie van 1,1 · 10^{-2} mol L^{-1}.

37 Ethanolmoleculen kunnen door hun OH groepen waterstofbruggen vormen met watermoleculen Daardoor is alcohol oplosbaar in water.
Vetmoleculen zijn hydrofoob. Ethanolmoleculen hebben ook een hydrofoob gedeelte: de C_2H_5 groep. Op basis van het principe ‘soort zoekt soort’ zal ethanol ook mengen met vet.

© ThiemeMeulenhoff

2 Reacties

Betonrot

Beton is een veelgebruikt bouwmateriaal. De basis voor beton is een mengsel van cement, zand en grind. Wanneer water aan dit mengsel wordt toegevoegd, treedt een reactie op tussen cement en water. Hierdoor ontstaat een hard materiaal. Voor stevige constructies gebruikt men ‘gewapend beton’. Dit is beton dat met stalen staven of matten inwendig is versterkt.

Beton bevat altijd een kleine hoeveelheid water. Dit water is aanwezig in de poriën in het beton: het zogeheten poriewater.
Het ijzer (uit de stalen wapening) kan met het poriewater reageren. Hierbij treden de volgende halfreacties op:

$Fe \rightarrow Fe^{n+} + n\,e^-$

$2\,H_2O + 2\,e^- \rightarrow 2\,OH^- + H_2$

Wanneer zuurstof aanwezig is in het poriewater, treedt een andere halfreactie op waarbij uitsluitend hydroxide-ionen ontstaan.

1 Geef de vergelijking van deze halfreactie. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 48.

De gevormde ionen reageren met elkaar tot verschillende ijzerzouten.
Eén van deze ijzerzouten is ijzer(III)oxide. De ijzeroxides vormen een vaste laag rondom de wapening, waardoor de reactie van ijzer met water wordt vertraagd.

2 Geef de vergelijking van de reactie van ijzer(III)ionen met hydroxide-ionen tot ijzer(III)oxide en water.

Bepaalde stoffen in het cement waarmee beton is gemaakt, zoals calciumhydroxide, zorgen ervoor dat het poriewater een pH-waarde heeft die hoger is dan 12,5. In dit sterk basische milieu is de laag ijzeroxides stabiel, waardoor de wapening niet verder reageert.

3 Bereken de $[OH^-]$ in mol per liter in poriewater met pH = 12,5.

Koolstofdioxide uit de lucht kan het beton binnendringen en oplossen in het poriewater. Hierdoor daalt de pH en kan water met de gevormde laag ijzeroxides reageren. Hierbij treedt onder andere de volgende reactie op:

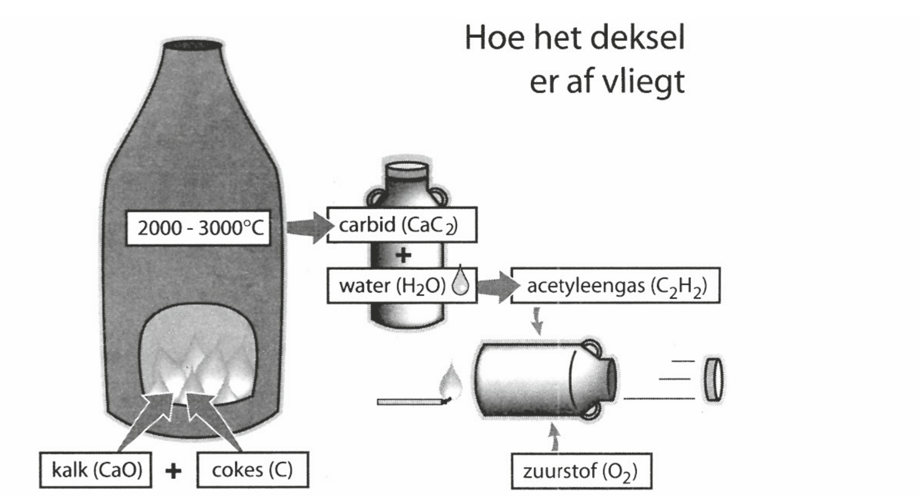
$Fe_2O_3 + H_2O \rightarrow 2\,FeO(OH)$

4 Leg uit dat deze reactie een zuur-basereactie is. Geef hierbij aan welk deeltje als zuur en welk deeltje als base reageert.

© ThiemeMeulenhoff

Carbid

Calciumcarbide, ook wel carbid genoemd, wordt op het platteland gebruikt bij het zogenoemde melkbusschieten rond oud en nieuw. In een regionale krant is daarover een artikel verschenen. Bij dit artikel is ook een afbeelding opgenomen die de inhoud van het artikel schematisch weergeeft. Afbeelding en artikel zijn hieronder weergegeven.



Een stukje lava met grote explosieve kracht

Een groezelig brokje carbid gaat in een melkbus. Scheutje water er bij, vlammetje: boem! Doffe dreunen doen het Friese platteland beven. Carbid wordt een steeds populairder alternatief voor vuurwerk. Maar wat is het eigenlijk voor goedje?

Carbid wordt geproduceerd in Oost-Europa. In enorme elektrische ovens worden calciumoxide en koolstof vermengd en verhit tot 2000-3000 ºC. Daarbij versmelten de stoffen tot een soort lava: carbid.

Dit ziet er uit als een klompje steen. Door water toe te voegen aan carbid komt er - met een licht gesis - een chemische reactie op gang:

$CaC_2 + 2\ H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$. Dat is wat er gebeurt.

Er ontstaan twee stoffen: een brandbaar gas (acetyleen) en een wit poeder (gebluste kalk). Bij verbranding reageert het gas uiterst heftig met de zuurstof in de bus. Het gasmengsel zet uit en met een daverende knal wordt het deksel van de melkbus weggeschoten.

De kunst van het carbidschieten zit 'm in het maken van een ideaal gasmengsel uit carbid en water. Theoretisch geeft een verhouding van 50 procent acetyleen en 50 procent zuurstof de hardste knal.

naar: Leeuwarder Courant

In het linker gedeelte van de afbeelding wordt de productie van carbid schematisch weergegeven. Deze weergave is niet compleet. Niet vermeld is de verbinding die als gas bij de carbidproductie ontstaat. Welk gas bij de carbidproductie zou kunnen ontstaan, kan uit de afbeelding worden afgeleid.

5 Geef de formules van twee verbindingen (gassen) die mogelijk bij de carbidproductie ontstaan.

© ThiemeMeulenhoff

Uit de regels 17 en 18 kan worden afgeleid dat de 'hardste knal' wordt verkregen wanneer de molverhouding acetyleen : zuurstof gelijk is aan 1 : 1. Bij deze verhouding kan geen volledige verbranding optreden.

6 Geef de vergelijking van een mogelijke reactie die optreedt in de melkbus wanneer acetyleen en zuurstof reageren in de molverhouding 1 : 1. Ga ervan uit dat alle acetyleen reageert.

Wietse en Tjitske hebben het artikel gelezen en gaan een middagje carbidschieten. Voordat zij beginnen, berekenen zij hoeveel carbid minstens nodig is voor de 'hardste knal'.
Zij gebruiken een melkbus met een inhoud van 30 dm^3 en nemen het volgende aan:

- lucht bevat 21 volumeprocent zuurstof;
- 1,0 mol zuurstof heeft een volume van 23 dm^3;
- 1,0 mol zuurstof reageert met 1,0 mol acetyleen;
- uit 1,0 mol carbid ontstaat 1,0 mol acetyleen;
- er ontsnappen geen gassen uit de melkbus voordat het deksel wordt weggeschoten.

7 Bereken hoeveel mol zuurstof aanwezig is in de melkbus die zij gebruiken en die uitsluitend is gevuld met lucht.

8 Bereken hoeveel gram carbid met water moet reageren om de 'hardste knal' te geven. Gebruik bij je berekening je antwoord op vraag 6 en bovenstaande gegevens.

Kratermeer

In de krater van de vulkaan Ijen in Indonesië bevindt zich een meer. Via spleten in de bodem van het meer komt vulkaangas in het water terecht. Vulkaangas bestaat voornamelijk uit waterdamp; verder bevat vulkaangas onder andere zwaveldioxide. Door het oplossen van zwaveldioxide wordt het kratermeer zuur.
Bij de reactie tussen zwaveldioxide (SO_2) en het water van het kratermeer worden vast zwavel (S) en opgelost zwavelzuur gevormd.

9 Geef de vergelijking van deze reactie. Maak hierbij gebruik van het gegeven dat uit drie mol SO_2 één mol S wordt gevormd.

De pH van het kratermeer van de vulkaan Ijen bedraagt 0,2.

10 Geef de $[H^+]$ in dit kratermeer.

De bevolking in de buurt van de vulkaan leeft van het verzamelen van zwavel.
Per dag reageert 90 ton zwaveldioxide met het water van het kratermeer.

11 Bereken hoeveel ton zwavel per dag wordt gevormd uit de reactie van zwaveldioxide met het water uit het kratermeer (1,0 ton = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg). Maak hierbij gebruik van het gegeven dat uit drie mol SO_2 één mol S wordt gevormd.

© ThiemeMeulenhoff

Water ▶ inkt ▶ melk ▶ water

Tijdens de Open Dag op school voert de scheikundedocent een demonstratieproef uit. Hij heeft vier bekerglazen (A tot en met D) voor zich staan met in elk bekerglas 100 mL van een heldere, kleurloze vloeistof. De vloeistoffen lijken net water.
De docent giet eerst de inhoud van bekerglas A bij bekerglas B. Er ontstaat een donkerblauwe vloeistof die er uitziet als inkt. Vervolgens schenkt hij de inhoud van bekerglas C bij bekerglas D. Er ontstaat een witte suspensie die er uitziet als melk.
Tot slot schenkt de docent de ‘inkt’ en de ‘melk’ bij elkaar. Tot verbazing van de toeschouwers lijkt het alsof er weer water is ontstaan.
Natuurlijk ontstaan geen inkt en melk uit water, en geen water als inkt en melk worden samengevoegd.
De oplossingen zijn als volgt samengesteld:

- A: 0,60 g kaliumjodide wordt opgelost in ongeveer 50 mL 1,0 molair azijnzuur; daaraan wordt 2,5 mL zetmeeloplossing toegevoegd en het geheel wordt met 1,0 molair azijnzuur aangevuld tot 100 mL;
- B: verdund bleekwater (= oplossing van NaOCl);
- C: 1,22 g $MgSO_4$ en 0,75 g vitamine C worden opgelost in water;
- D: 0,90 M natronloog.

Na het samenvoegen van de oplossingen in bekerglas A en bekerglas B treden twee reacties op:
reactie 1: OCl^- wordt omgezet tot HClO.
reactie 2: I^- wordt in een reactie met HClO omgezet tot I_2.

Reactie 2 is een redoxreactie. De halfreacties staan in Binas-tabel 48.

12 Geef deze halfreacties en leid hiermee de vergelijking van de totale redoxreactie af.

Als de docent de inhoud van de bekerglazen C en D bij elkaar voegt, ontstaat een witte suspensie van magnesiumhydroxide. De vergelijking van deze reactie is:

$$Mg^{2+} + 2\ OH^- \rightarrow Mg(OH)_2$$

Bij deze reactie is de natronloog in overmaat aanwezig.

13 Bereken hoeveel gram magnesiumhydroxide ontstaat.

Als de docent de ‘inkt’ bij de ‘melk’ voegt, ontstaat weer een kleurloze oplossing.
De donkere kleur verdwijnt omdat het gevormde I2 reageert met vitamine C. Dit is ook een redoxreactie.

14 Is vitamine C in deze reactie een oxidator of een reductor? Licht je antwoord toe.

15 Leg uit, aan de hand van Binas-tabel 65B, waarom de kleur van de ‘inkt’ verdwijnt.

De ‘melk’ verdwijnt doordat magnesiumhydroxide reageert met het azijnzuur (ethaanzuur) uit bekerglas A:

$$2\ CH_3COOH(aq) + Mg(OH)_2(s) \rightarrow 2\ CH_3COO^-(aq) + Mg^{2+}(aq) + 2\ H_2O(l)$$

16 Leg uit of deze reactie een redoxreactie is.

© ThiemeMeulenhoff

Oude kanonskogels

In 1976 was de Britse chemicus Bob Child bezig met het onderzoeken van voorwerpen uit het wrak van de *Coronation*. In het ruim van dit in 1691 gezonken oorlogsschip waren onder meer tientallen kanonskogels gevonden die met een cementachtige korst bedekt waren. Toen hij deze korst met een hamer kapotsloeg, begon een aantal kogels spontaan te gloeien. Daarbij begon het houten bureaublad waarop ze lagen, te roken.
In 2001 onderzochten Child en zijn collega Rosseinsky dit verschijnsel opnieuw en kwamen tot de volgende verklaring. Nadat de *Coronation* was gezonken, roestten de ijzeren kogels in het zoute water als gevolg van een reactie met zuurstof en water bijna helemaal door. Hierdoor zetten de kogels uit waardoor ze een kleinere dichtheid kregen. De doorgeroeste kogels zakten geleidelijk weg in het zand op de zeebodem. Dit zand reageerde met de buitenkant van de kogels en vormde een luchtdichte korst. In de loop der eeuwen zette organisch materiaal, dat ook in de doorgeroeste kogels was ingesloten, het ijzerroest weer om tot ijzer. Doordat het volume dat door de korst was ingesloten gelijk bleef, ontstonden er holle ruimtes op de plaats waar het ijzerroest had gezeten. Toen de korst werd gebroken, drong lucht door in de holle ruimtes, met de hierboven beschreven gevolgen.

naar: Nature

Het is bekend dat de aanwezigheid van zout in het water (regel 10) waarin ijzer roest, het roesten van ijzer versnelt. Aad wil dit met een proefje aantonen.

17 Beschrijf een proefje waarmee Aad kan aantonen dat de snelheid van het roesten van ijzer toeneemt door de aanwezigheid van zout in water. Noem daarbij ook de waarneming(en) waaruit hij zijn conclusie kan trekken.

18 Stel aan de hand van gegevens uit de regels 10 en 11 de reactievergelijking op voor het roesten van ijzer. Gebruik voor roest de formule $Fe(OH)_3$.

Een mogelijke formule van het materiaal waaruit de cementachtige korst (regel 4) bestaat, is $Fe_2(Si_4O_{10})(OH)_2$. Dit zout bevat onder andere $Si_4O_{10}^{4-}$ ionen.

19 Leid af wat de lading van de ijzerionen in $Fe_2(Si_4O_{10})(OH)_2$ is.

De reactie die wordt beschreven in de regels 15 tot en met 17 is een redoxreactie.

20 Is het organisch materiaal bij deze reactie de oxidator of de reductor?
Geef een verklaring voor je antwoord.

21 Leid uit de tekst af of de reactie die plaatsvindt na het kapotmaken van de cementachtige korst een endotherme of een exotherme reactie is.
Noteer je antwoord als volgt:
In de tekst staat dat ………………………………, dus de reactie is ………….. .

© ThiemeMeulenhoff

IJzer in cornflakes

Op de website van Kellogg's, een producent van ontbijtgranen, staat het volgende: 'Al tientallen jaren voegt de voedingsmiddelenindustrie in Europa ijzer toe aan basislevensmiddelen als brood, pasta, ontbijtgranen en andere graanproducten.'
De aanleiding voor deze vermelding was de commotie die was ontstaan door een TV programma van de Keuringsdienst van Waarde. Professor Martijn Katan reageerde in een column ook op deze uitzending. Zie onderstaand tekstfragment.

tekstfragment

Anderhalve week geleden dook de Keuringsdienst van Waarde in de cornflakes. Keuringsdienst van Waarde is een TV programma dat uitzoekt wat er echt in eten zit.
Het ging om ijzer. Veel mensen hebben een tekort aan ijzer. Daarom doet Kellogg´s extra ijzer bij de cornflakes. Daar gebruiken ze ijzerpoeder voor. Dat wordt veel gebruikt voor ijzerverrijking, vooral in Derde-Wereld landen waar tekorten aan ijzer het vaakst voorkomen. Nadeel is dat het niet geweldig goed wordt opgenomen in je lichaam, want het ijzer moet in je maag eerst oplossen in maagzuur en dat gaat niet hard. Maar uit een portie cornflakes haal je nog altijd meer ijzer dan uit een portie spinazie. Keuringsdienst van Waarde liet zien dat je dat ijzerpoeder er met een magneet uit kunt vissen. Dat was schrikken. Maar het ijzer in ons lichaam is nu eenmaal hetzelfde als ijzer in een paperclip.
Vervolgens werd in het programma verteld dat ijzer uit cornflakes niet in het lichaam wordt opgenomen en dat het misschien wel slecht voor je darmen is. Dat is allebei niet waar. IJzerpoeder is uitgebreid onderzocht, het werkt, het is veilig en het is officieel toegestaan in eten.
Tot slot zei de Keuringsdienst van Waarde dat Kellogg's gemalen spijkers en fietswrakken in cornflakes deed. Daarmee gingen ze over de schreef. Toevoegingen aan levensmiddelen komen van speciale fabrikanten en de soort ijzer die is toegestaan in levensmiddelen kun je nooit maken door spijkers fijn te malen.

IJzer wordt in je lichaam uitsluitend opgenomen in de vorm van Fe^{2+}. Daarom moet het ijzerpoeder uit de cornflakes eerst in het maagzuur 'oplossen' (regels 8 en 9). Maagzuur kan worden opgevat als verdund zoutzuur. Het 'oplossen' van ijzer in maagzuur is een redoxreactie. De opname van ijzer uit cornflakes gaat niet snel, omdat cornflakes vaak in combinatie met melk worden genuttigd. Melk bevat een base.

22 Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties en de totale reactievergelijking voor het 'oplossen' van ijzer in zoutzuur. Noteer je antwoord als volgt:
halfreactie reductor: …
halfreactie oxidator: …
totale reactievergelijking: …

23 Leg uit waarom de vorming van Fe^{2+} wordt geremd als cornflakes in combinatie met melk worden genuttigd.

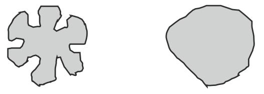
© ThiemeMeulenhoff

Dat je uit een portie cornflakes nog altijd meer ijzer haalt dan uit een portie spinazie (regels 9 en 10) komt omdat in spinazie het ijzer voor het overgrote deel voorkomt in de vorm van Fe^{3+}. Dit Fe^{3+} zou dan in de maag moeten worden omgezet tot Fe^{2+}. En dat gebeurt niet.

24 Leg uit of een oxidator of een reductor nodig is om Fe^{3+} om te zetten tot Fe^{2+}.

Wat Martijn Katan in de regels 12 en 13 zegt, is gedeeltelijk juist. Wat betreft hun bouw vertonen de ijzerdeeltjes in een paperclip overeenkomsten en verschillen met de ijzerdeeltjes die door het lichaam worden opgenomen.

25 Noem een overeenkomst en een verschil in de bouw van de ijzerdeeltjes in een paperclip en ijzerdeeltjes die door het lichaam worden opgenomen.


ijzerpoeder I ijzerpoeder II

IJzerpoeder dat wordt gebruikt als toevoeging aan de cornflakes, wordt speciaal gemaakt en bestaat uit kleine korrels, waarin minuscule poriën voorkomen (I in de figuur hiernaast). Als je een spijker fijn zou malen, krijg je korrels zonder poriën (II in de figuur hiernaast).

26 Is de snelheid van de reactie van ijzerpoeder I met maagzuur hoger of lager dan of gelijk aan de snelheid van de reactie van ijzerpoeder II met maagzuur? Geef een verklaring voor je antwoord.
Ga ervan uit dat gelijke hoeveelheden ijzerpoeder reageren.

Maagtablet

Het maagsap dat door de cellen in de wand van de maag wordt afgescheiden, bestaat uit zoutzuur waarin een kleine hoeveelheid andere stoffen is opgelost. De $[H^+]$ in dit maagsap is 0,17 mol L^{-1} (pH = 0,77). In de maag wordt het zuur verdund door het aanwezige voedsel. Daardoor neemt de pH van het zoutzuur toe tot een waarde tussen 1,2 en 2,0.

27 Bereken hoeveel keer het zoutzuur wordt verdund wanneer de pH toeneemt van 0,77 tot 1,60.

Sommige mensen hebben last van 'brandend' maagzuur. Om dit tegen te gaan, kan men een zogenoemd maagmiddel innemen. Uit de bijsluiter van één van deze middelen blijkt dat de werkzame bestanddelen in het betreffende middel calciumcarbonaat (6,80 mmol per tablet) en magnesiumcarbonaat (0,95 mmol per tablet) zijn. De werking van het maagmiddel berust op de reactie van de werkzame bestanddelen met het zuur in de maag:

$$CaCO_3 + 2\,H^+ \rightarrow H_2O + CO_2 + Ca^{2+}$$

$$MgCO_3 + 2\,H^+ \rightarrow H_2O + CO_2 + Mg^{2+}$$

28 Bereken hoeveel mL 0,0600 M zoutzuur op deze manier maximaal kan reageren met de werkzame bestanddelen die in één tablet aanwezig zijn.

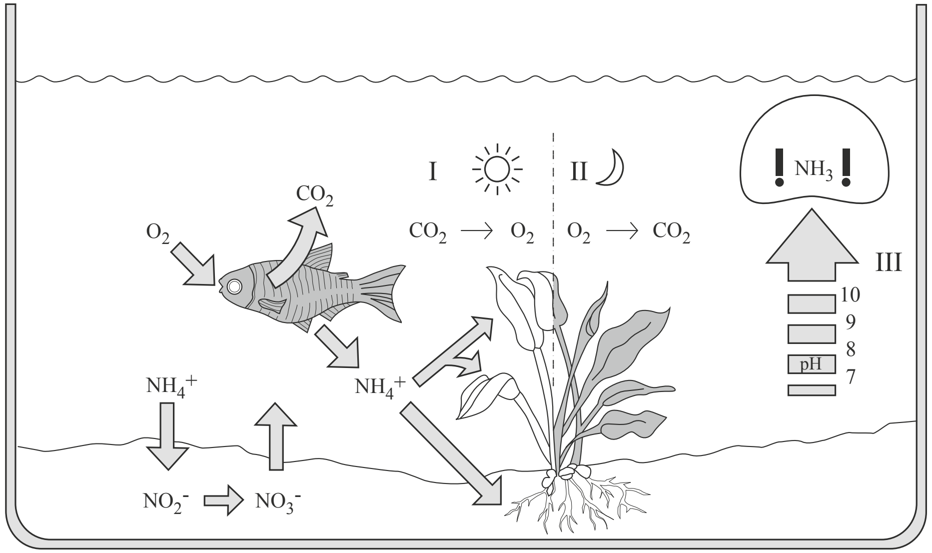
In de bijsluiter staat ook: 'Om een snelle werking te verkrijgen, de tablet fijnkauwen.'

29 Geef een verklaring voor het gegeven dat door het fijnkauwen van de tablet een snellere werking wordt verkregen. Gebruik daarbij het botsende-deeltjesmodel.

© ThiemeMeulenhoff

Aquarium

Hieronder staat een tekening uit een boek over het houden van een aquarium. De tekening geeft onder andere een aantal chemische processen in een aquarium vereenvoudigd weer. Bekijk de tekening en beantwoord vervolgens de vragen.



Onder I, in het midden van de tekening, is de reactievergelijking onvolledig weergegeven van een proces dat fotosynthese heet. Zowel voor de pijl als na de pijl ontbreekt de formule van een stof; bovendien zijn de coëfficiënten weggelaten. Bij de fotosynthese ontstaan als enige stoffen zuurstof en glucose.

30 Neem deze onvolledige vergelijking over, voeg de ontbrekende formules toe en maak de vergelijking kloppend door de juiste coëfficiënten in te vullen.

Linksonder in de tekening is weergegeven dat in de grond NH_4^+ ionen worden omgezet tot NO_2^- ionen. Dit is een bacterieel proces.
De reactie waarbij NH_4^+ ionen worden omgezet tot NO_2^- ionen is een redoxreactie. De vergelijking van de halfreactie van de reductor is hieronder onvolledig weergegeven. De elektronen (e^-) en de coëfficiënten zijn weggelaten.

$NH_4^+ + H_2O \rightarrow NO_2^- + H^+$

31 Neem deze onvolledige vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

In de tekening is bij III afgebeeld dat toenemende pH (in het weergegeven pH-gebied) leidt tot de vorming van het schadelijke NH_3 uit NH_4^+.

32 Leg uit waardoor bij de weergegeven pH-stijging de vorming van NH_3 uit NH_4^+ toeneemt.

© ThiemeMeulenhoff

Voor een goed functionerend aquarium is het belangrijk dat de pH van het aquariumwater tussen de 6,0 en 7,5 ligt. Als de pH te hoog wordt, kan men aan het water een scheutje zogenoemd ‘pH-minus’ toevoegen. Dit is een oplossing die door een fabrikant van aquariumbenodigdheden op de markt is gebracht. De oplossing bevat 5,1 gram H_2SO_4 per 100 mL oplossing.

33 Bereken het aantal mol H^+ dat maximaal geleverd kan worden door 15 mL ‘pH-minus’.

Op het etiket van ‘pH-minus’ staat onder andere vermeld dat eerst de $[HCO_3^-]$ van het aquariumwater moet worden bepaald, voordat ‘pH-minus’ kan worden gebruikt. De hoeveelheid ‘pH-minus’ die moet worden toegevoegd voor een gewenste pH-daling, bijvoorbeeld van 8,3 naar 7,2, is ook afhankelijk van de $[HCO_3^-]$ van het aquariumwater.

34 Moet bij een hogere $[HCO_3^-]$ meer of minder ‘pH-minus’ aan aquariumwater worden toegevoegd, om de pH te laten dalen van 8,3 naar 7,2, dan bij een lagere $[HCO_3^-]$? Geef een verklaring voor je antwoord.

Permanganaatfontein

Loes en Mathijs gaan als praktische opdracht een proef demonstreren op de open dag van hun school. Op het internet vinden ze het volgende voorschrift.

Permanganaatfontein
Vul een reageerbuis voor driekwart met 0,50 M oxaalzuuroplossing. Zuur de oplossing aan door 2 mL 2 M zwavelzuur toe te voegen. Laat een korreltje kaliumpermanganaat vallen in de verkregen oplossing. Na enige tijd ontstaat een fontein van paarse permanganaatsporen.

naar: www.chemie.uni-ulm.de/experiment/edm0306.html

Loes maakt 100 mL 0,50 M oxaalzuuroplossing. Op het etiket van de pot met oxaalzuur staat $H_2C_2O_4 . 2H_2O$ geschreven.

35 Bereken hoeveel gram $H_2C_2O_4 . 2H_2O$ Loes moet afwegen voor de bereiding van 100 mL 0,50 M oxaalzuuroplossing.

Loes vult een reageerbuis voor driekwart met de oxaalzuuroplossing en voegt 2 mL 2 M zwavelzuur toe. Voorzichtig laat Mathijs een korreltje kaliumpermanganaat, $KMnO_4$, in de reageerbuis vallen. Ze zien dat het zinkende korreltje een paars spoor achterlaat: een deel van het kaliumpermanganaat lost op. Het paarse spoor verdwijnt vrijwel direct omdat er een redoxreactie optreedt. Loes en Mathijs vinden in Binas de vergelijkingen van de halfreacties:

oxidator: $MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$

reductor: $H_2C_2O_4 \rightarrow 2\,CO_2 + 2\,H^+ + 2\,e^-$

36 Leid met behulp van de bovenstaande vergelijkingen van de halfreacties de vergelijking van de totale redoxreactie af.

© ThiemeMeulenhoff

Het koolstofdioxide dat bij de reactie ontstaat, is in het begin nog niet te zien. Bij het kaliumpermanganaatkorreltje dat op de bodem ligt, zien Loes en Mathijs een paars wolkje ontstaan. Na enige tijd is een duidelijke gasontwikkeling waar te nemen bij het kaliumpermanganaatkorreltje. Het kaliumpermanganaat lost op en het ontstane paarse wolkje wordt door het opstijgende gas meegenomen. Af en toe wordt ook het korreltje even door de gasstroom opgetild en valt daarna weer terug. Ook hierbij ontstaat een paars spoor. Het lijkt op een fontein. De gasontwikkeling gaat steeds sneller. Als het kaliumpermanganaat op is, stopt de gasontwikkeling.
Loes en Mathijs vragen zich af waarom de gasontwikkeling steeds sneller gaat.
Op de open dag zouden zij hierover vragen kunnen krijgen.
Zij bedenken twee hypothesen:

1 door de reactie stijgt de temperatuur in de reageerbuis;
2 de Mn^{2+} ionen, die zijn gevormd bij de reactie, zorgen voor het toenemen van de reactiesnelheid.

37 Leg uit met behulp van het botsende-deeltjesmodel dat hypothese *1* een verklaring zou kunnen zijn voor het toenemen van de reactiesnelheid.

Ze besluiten hypothese *2* te onderzoeken. Daarom voegen zij aan de oxaalzuur-oplossing een stof toe voordat ze het korreltje kaliumpermanganaat erin laten vallen.

38 Geef de naam van een stof die zij kunnen toevoegen en leg uit waarom deze stof geschikt is om hypothese *2* te onderzoeken.

© ThiemeMeulenhoff

Hints bij hoofdstuk 2

2 IJzer(III)oxide bestaat uit Fe^{3+} en O^{2-} ionen.
3 $[OH^-] = 10^{-pOH}$
4 Een zuur geeft H^+ af en een base neemt H^+ op.
5 Bedenk uit welke atoomsoorten deze gassen kunnen bestaan.
6 Denk eraan dat je evenveel mol acetyleen als zuurstof gebruikt.
7 Gebruik de eerste twee gegevens.
8 Gebruik regel 11 uit het krantenartikel.
11 Bepaal de molaire massa van SO_2 en van S.
12 HClO is een oxidator.
13 Gebruik een evenredigheidstabel, of bereken het aantal mol $MgSO_4$ in oplossing C.
14 Is I_2 een oxidator of een reductor?
15 Zoek de kleur op van I_2/zetmeel.
16 Wat verandert er aan de azijnzuurmoleculen bij deze reactie?
17 Er moeten twee omstandigheden worden vergeleken.
18 Beginstoffen zijn ijzer, water en zuurstof. Er is één eindproduct.
19 Hoeveel negatieve lading is er?
20 Fe^{3+} wordt Fe.
21 Zie regels 4 t/m 7.
22 Zie Binas 48.
23 Gegeven is dat melk een base bevat.
24 Staat Fe^{3+} elektronen af om Fe^{2+} te worden, of neemt hij ze op?
25 Kijk naar de atoombouw.
26 Vergelijk de grootte van het oppervlak.
27 Bereken $[H^+]$ bij beide pH-waarden.
28 Bereken hoeveel mmol H^+ voor beide reacties nodig is.
29 Wat gebeurt er met de tablet als je die fijn kauwt?
31 Maak O kloppend, daarna H, tenslotte de lading m.b.v. elektronen aan de goede kant.
32 OH^- kan met NH_4^+ reageren.
33 Bereken de hoeveelheid H_2SO_4 in g en in mol.
34 HCO_3^- reageert als base.
35 Bereken de molaire massa van oxaalzuurdihydraat en het aantal mol dat in 100 mL van 0,050 M zit.
36 Maak de elektronen kloppend en tel de vergelijkingen van de halfreacties op.
37 Wat gebeurt met de snelheid van deeltjes bij temperatuurverhoging?
38 Hoe kun je Mn^{2+} ionen toevoegen?

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij hoofdstuk 2

Betonrot

1 $O_2 + 2\,H_2O + 4\,e^- \rightarrow 4\,OH^-$

2 $2\,Fe^{3+} + 6\,OH^- \rightarrow Fe_2O_3 + 3\,H_2O$
IJzer(III)oxide bevat Fe^{3+} en O^{2-} ionen. De verhoudingsformule (met even grote plus– als minlading) is dus Fe_2O_3.

3 pH + pOH = 14,00 $\Rightarrow$ pOH = 14,00 – pH = 14,00 – 12,5 = 1,5.
$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-1,5} = 3 \cdot 10^{-2}$ mol L^{-1}.
Het antwoord is in 1 significant cijfer, want er staat maar 1 decimaal in de pH.

4 Water draagt een H^+ over aan het oxide–ion in Fe_2O_3. H_2O is het zuur en O^{2-} de base.
Na de pijl staat FeO(OH). Dit bevat OH^- ionen door de reactie $H_2O + O^{2-} \rightarrow 2\,OH^-$.
Omdat de lading van Fe bij de vorming van FeO(OH) niet is veranderd, is die reactie dus geen redoxreactie.

Carbid

5 CO en CO_2
Deze twee gassen zijn mogelijk als cokes zuurstof opneemt uit de kalk. O_2 zelf kan hier niet genoemd worden, omdat dit zich met koolstof verbindt bij hoge temperatuur.

6 *Mogelijke antwoorden:*
- $C_2H_2 + O_2 \rightarrow 2\,CO + H_2$
- $C_2H_2 + O_2 \rightarrow C + CO + H_2O$
- $C_2H_2 + O_2 \rightarrow C + CO_2 + H_2$
- $2\,C_2H_2 + 2\,O_2 \rightarrow 2\,C + CO + CO_2 + H_2 + H_2O$
- $3\,C_2H_2 + 3\,O_2 \rightarrow C + 5\,CO + 2\,H_2 + H_2O$

Denk eraan dat de coëfficiënt van acetyleen en zuurstof dezelfde moet zijn: er moet evenveel mol reageren.

7 30 dm^3 lucht bevat 0,21 · 30 = 6,30 dm^3 zuurstof. Als 1 mol zuurstof een volume heeft van 23 dm^3 bevat de melkbus dus $\frac{6{,}30\ dm^3}{23\ dm^3\ mol^{-1}}$ = 0,27 mol zuurstof (2 sign. cijfers).

8 Omdat zuurstof, carbid en acetyleen in dezelfde molverhouding voorkomen, is er ook 0,27 mol carbid nodig.
De massa van 1 mol CaC_2 is 40,08 + 2 · 12,01 = 64,10 g (Binas 99).
0,27 mol carbid is dus 0,27 mol · 64,10 g mol^{-1} = 17 gram (2 significante cijfers).

Kratermeer

9 $3\,SO_2 + 2\,H_2O \rightarrow 4\,H^+ + 2\,SO_4^{2-} + S$
De verhouding tussen SO_2 en S is gegeven, er moeten dus twee sulfaationen ontstaan.

10 pH = 0,2 $\Rightarrow$ $[H^+] = 10^{-0,2} = 0{,}6$ mol L^{-1} (1 significant cijfer)

11 De massa van 1 mol SO_2 is 32,06 + 2 · 16,00 = 64,06 g mol^{-1} (ook in Binas 98).
methode 1 (met behulp van het massapercentage):
Het massapercentage S in SO_2 is $\frac{32{,}06}{64{,}06} \cdot 100\% = 50{,}047\%$.
90 ton SO_2 bevat 0,50047 · 90 ton S = 45,0 ton S. Omdat maar een derde deel van het SO_2 wordt omgezet in S ontstaat $\frac{1}{3} \cdot 45{,}0$ = 15 ton S (2 significante cijfers).

methode 2 (met behulp van een verhoudingstabel):

reactie in mol	3 mol SO_2	$\rightarrow$	1 mol S
mol $\rightarrow$ gram	3 · 64,06 = 192,18 g		32,06 g
gegeven/gevraagd	90 ton		*x* ton

Uit 90 ton SO_2 kan dus $x = \frac{90 \cdot 32{,}06}{192{,}18}$ = 15 ton S gevormd worden (2 significante cijfers).

Water ▸ inkt ▸ melk ▸ water

12 halfreactie reductor: $2\,I^- \rightarrow I_2 + 2\,e^-$
halfreactie oxidator: $2\,HClO + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightarrow Cl_2 + 2\,H_2O$

redoxreactie: $2\,HClO + 2\,H^+ + 2\,I^- \rightarrow Cl_2 + 2\,H_2O + I_2$

13 De massa van 1 mol $MgSO_4$ is 120,37 g; die van 1 mol $Mg(OH)_2$ is 58,320 g (Binas 98).
methode 1 (met massaverhouding)

reactie in mol	1 mol $MgSO_4$	$\rightarrow$	1 mol $Mg(OH)_2$
mol $\rightarrow$ gram	120,37 g		58,320 g
gegeven/gevraagd:	1,22 g		*x* g

$x = \frac{58{,}320 \cdot 1{,}22}{120{,}37}$ = 0,591. Er kan dus 0,591 g $Mg(OH)_2$ ontstaan (3 significante cijfers).

methode 2 (met molberekening)
De oplossing bevat 1,22 g $MgSO_4$, overeenkomend met $\frac{1{,}22\ g}{120{,}37\ g\ mol^{-1}} = 1{,}013 \cdot 10^{-2}$ mol.

Uit $1{,}013 \cdot 10^{-2}$ mol $MgSO_4$ kan $1{,}013 \cdot 10^{-2}$ mol $Mg(OH)_2$ ontstaan $\Rightarrow$
er kan $1{,}013 \cdot 10^{-2}$ mol · 58,320 g mol^{-1} = 0,591 g $Mg(OH)_2$ ontstaan (3 significante cijfers).

14 Vitamine C is een reductor, want het reageert met I_2, dat een oxidator is / dat elektronen opneemt.
I_2 wordt daarbij omgezet in kleurloos I^-, het omgekeerde van reactie 2.

15 I_2 geeft met zetmeel een donker gekleurde oplossing. I^- is kleurloos met zetmeel.
Door de omzetting van I_2 in I^- verdwijnt de inktkleur.

16 Het azijnzuur splitst een H^+ af dat reageert met OH^- van het magnesiumhydroxide.
Dit is een zuur-basereactie, dus geen redoxreactie.

Oude kanonskogels

17 Aad moet twee (liefst gelijke) stukjes ijzer nemen. Het ene stukje in gedestilleerd water zetten, het andere in een zoutoplossing.
Als het ijzer in de zoutoplossing sneller roest, toont dit aan dat zout het roesten versnelt. Het roesten is zichtbaar doordat het ijzer bruin wordt.

18 $4\,Fe + 3\,O_2 + 6\,H_2O \rightarrow 4\,Fe(OH)_3$

19 Er zijn één $Si_4O_{10}^{4-}$ ion en twee OH^- ionen, met een gezamenlijke lading van 6–.
Elk zout is neutraal. De twee ijzerionen moeten dus samen een lading 6+ hebben $\Rightarrow$
elk ijzerion heeft lading 3+.

20 Het organisch materiaal zet Fe^{3+} uit $Fe(OH)_3$ om in Fe. Het staat dus elektronen af aan Fe^{3+} ⇒ het organisch materiaal is een reductor.

21 *Mogelijke antwoorden:*
- In de tekst staat dat de kogels spontaan begonnen te gloeien, dus de reactie is exotherm.
- In de tekst staat dat het houten bureaublad begon te roken, dus de reactie is exotherm.

IJzer in cornflakes

22 halfreactie reductor: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2\,e^-$
halfreactie oxidator: $2\,H^+ + 2\,e^- \rightarrow H_2$
totale reactievergelijking: $Fe + 2\,H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$
De halfreacties vind je in Binas 48.

23 Melk bevat een base. Deze zal met het maagzuur reageren, waardoor $[H^+]$ af zal nemen. Hierdoor zal minder snel Fe^{2+} gevormd worden (volgens reactie, zie 22).

24 Fe^{3+} moet een elektron opnemen om Fe^{2+} te worden. Fe^{3+} ionen hebben dus elektronen nodig van een reductor.
Fe^{3+} is een oxidator (Binas 48). Voor reactie is dus een reductor nodig.

25 Een overeenkomst van beide ijzerdeeltjes *(slechts één antwoord nodig)*:
- Beide deeltjes hebben dezelfde atoomkern.
- Beide deeltjes hebben hetzelfde atoomnummer.
- Beide deeltjes hebben hetzelfde aantal protonen.

Een verschil van beide ijzerdeeltjes *(slechts één antwoord nodig)*:
- Het aantal elektronen is in beide typen ijzerdeeltjes verschillend.
- Een paperclip bestaat uit (ongeladen) ijzeratomen. Het ijzer dat wordt opgenomen, bestaat uit geladen atomen, ofwel ijzerionen.

26 *Mogelijke antwoorden:*
IJzerpoeder I zal sneller met maagzuur reageren dan ijzerpoeder II, doordat
- het een groter (contact)oppervlak heeft.
- het fijner verdeeld is.

Maagtablet

27 pH = 0,77 ⇒ $[H^+] = 10^{-0,77} = 0,17$ mol L^{-1}; pH = 1,60 ⇒ $[H^+] = 10^{-1,60} = 0,025$ mol L^{-1}.
Het zoutzuur wordt dus $\frac{0,17}{0,025} = 6,8$ keer verdund.

28 De molverhouding $CaCO_3 : H^+ = 1 : 2$ ⇒ voor 6,80 mmol $CaCO_3$ is 13,60 mmol H^+ nodig.
De molverhouding $MgCO_3 : H^+ = 1 : 2$ ⇒ voor 0,95 mmol $MgCO_3$ is 1,90 mmol H^+ nodig.
In totaal is 13,60 + 1,90 = 15,50 mmol H^+ nodig. Met een zoutzuurconcentratie van 0,0600 mol H^+ per L is dus een volume nodig van $\frac{15,50 \text{ mmol}}{0,0600 \text{ mmol mL}^{-1}} = 258$ mL.

29 Door het fijnkauwen wordt de tablet fijner verdeeld (krijgt een groter oppervlak). Er zullen dan meer (effectieve) botsingen plaatsvinden, waardoor de reactie sneller zal verlopen.

© ThiemeMeulenhoff

Aquarium

30 $6\,CO_2 + 6\,H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$
Bij de fotosynthese worden koolstofdioxide en water omgezet in glucose en zuurstof.

31 $NH_4^+ + 2\,H_2O \rightarrow NO_2^- + 8\,H^+ + 6\,e^-$
Maak eerst O kloppend ⇒ 2 voor H_2O. Daarna H kloppend maken ⇒ 8 voor H^+.
Maak lading kloppend: links 1+, rechts 1– en 8+ wordt samen 7+ ⇒ 6 elektronen rechts.

32 *Mogelijke antwoorden:*
- Bij stijgende pH wordt de hoeveelheid OH^- groter. OH^- zal NH_4^+ omzetten in NH_3.
- De reactie die op zal treden is: $NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$
- In een basisch milieu zal NH_4^+ zijn H^+ afstaan, waarbij NH_3 ontstaat.

33 In 15 mL ‘pH–minus’ zit 0,15 · 5,1 g = 0,765 gram H_2SO_4.
De massa van 1 mol H_2SO_4 is 98,079 g (Binas 98).
0,765 gram H_2SO_4 is $\frac{0,765 \text{ g}}{98,079 \text{ g mol}^{-1}} = 7,80 \cdot 10^{-3}$ mol H_2SO_4

1 mol zwavelzuur kan 2 H^+ afsplitsen ⇒ het aantal mol H^+ dat afgesplitst kan worden, is $2 \cdot 7,80 \cdot 10^{-3} = 1,6 \cdot 10^{-2}$ mol (2 significante cijfers).

34 HCO_3^- reageert als base, als er zuur wordt toegevoegd. Hoe meer HCO_3^- aanwezig is, hoe meer H^+ wordt weggenomen en dus hoe meer pH-minus moet worden toegevoegd voor de gewenste pH-daling.

Permanganaatfontein

35 De massa van 1 mol $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ is 2 · 1,008 + 2 · 12,01 + 4 · 16,00 + 2 · (2,016 + 16,00) = 126,07 g (Binas 99).
100 mL 0,50 M oxaalzuuroplossing bevat 100 mL · 0,50 mol L^{-1} = 50 mmol oxaalzuur.
Dat is $50 \cdot 10^{-3}$ mol · 126,07 g mol^{-1} = 6,3 g oxaalzuur (2 significante cijfers).

36 halfreactie reductor (5×): $5\,H_2C_2O_4 \rightarrow 10\,CO_2 + 10\,H^+ + 10\,e^-$
halfreactie oxidator (2×): $2\,MnO_4^- + 16\,H^+ + 10\,e^- \rightarrow 2\,Mn^{2+} + 8\,H_2O$

opgeteld (min e^-): $2\,MnO_4^- + 16\,H^+ + 5\,H_2C_2O_4 \rightarrow 2\,Mn^{2+} + 8\,H_2O + 10\,CO_2 + 10\,H^+$
redoxreactie: $2\,MnO_4^- + 6\,H^+ + 5\,H_2C_2O_4 \rightarrow 2\,Mn^{2+} + 8\,H_2O + 10\,CO_2$
Deze reactievergelijking ontstaat na wegstrepen van 10 H^+ aan beide kanten van de pijl.

37 Door verhoging van de temperatuur gaan de deeltjes sneller bewegen; hierdoor vinden er meer en krachtiger botsingen plaats.
Per tijdseenheid reageert meer stof ⇒ de reactiesnelheid neemt toe.

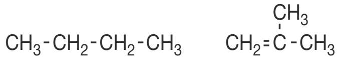
38 Nagegaan moet worden of door toevoeging van Mn^{2+} ionen de reactie vanaf het begin al sneller verloopt.
Dat kan met: mangaannitraat / mangaanacetaat / mangaansulfaat / mangaanchloride.
Het moet gaan om een oplosbaar mangaan(II)zout. Mn^{2+} komt niet voor in Binas 45A. Nitraten en acetaten zijn altijd oplosbaar, sulfaten en chloriden op een paar uitzonderingen na.

© ThiemeMeulenhoff

3 Koolstofchemie en biochemie

Benzine

Benzine bevat een groot aantal C_4 koolwaterstoffen. Dit zijn koolwaterstoffen waarvan een molecuul vier koolstofatomen bevat. Twee van deze C_4 koolwaterstoffen zijn butaan en isobuteen:



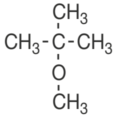
butaan isobuteen

Isobuteen is ook grondstof voor polyisobuteen, een rubberachtig polymeer.

1 Geef een stukje uit het midden van het polymeer van isobuteen in structuurformule weer. Het stukje moet uit drie monomeereenheden bestaan.

2 Geef de systematische namen van de twee isomeren van isobuteen.

C_4 koolwaterstoffen verdampen gemakkelijk, waarmee zij bijdragen aan de verontreiniging van het milieu. Daarom moet het gehalte aan C_4 koolwaterstoffen in benzine omlaag.
De petrochemische industrie heeft een proces ontwikkeld om de C_4 koolwaterstoffen om te zetten in MTBE, een stof die minder snel verdampt en bovendien de kwaliteit van benzine verhoogt.



MTBE

Bij de omzetting van butaan in MTBE vinden achtereenvolgens drie reacties plaats:
– reactie 1: omzetting van butaan in de isomeer van butaan
– reactie 2: afsplitsing van waterstof van het product van reactie 1; hierbij ontstaat isobuteen
– reactie 3: additie van stof X aan isobuteen; hierbij ontstaat MTBE

3 Geef de vergelijkingen van de reacties 1 en 2. Schrijf hierbij de koolstofverbindingen in structuurformules.

4 Geef de structuurformule van stof X.

Bier brouwen

Het brouwen van bier begint met de verwerking van gerst tot de zogenoemde mout. Mout is rijk aan zetmeel (amylose) en enzymen. De mout wordt vervolgens gemengd met water en opgewarmd. Onder invloed van de aanwezige enzymen reageert het zetmeel met een bepaalde stof tot maltose.

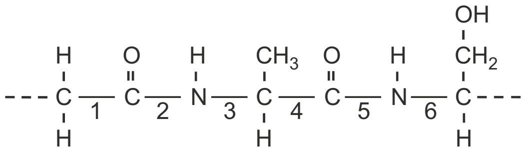
5 Met welke stof reageert zetmeel bij deze omzetting en welke functie hebben de enzymen daarbij? Maak gebruik van Binas (67F).
Noteer je antwoord als volgt:
stof die met zetmeel reageert: …
functie van de enzymen: …

© ThiemeMeulenhoff

Ook worden tijdens deze fase van het brouwproces eiwitten gehydrolyseerd. Sommige eiwitten worden daarbij volledig gehydrolyseerd.

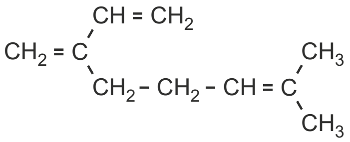
6 Geef de naam van de soort stoffen die ontstaat bij de volledige hydrolyse van eiwitten.

Hieronder is een fragment getekend van een eiwitmolecuul.



7 Geef de nummers van de bindingen die worden verbroken bij de volledige hydrolyse van dit fragment.

Na enige tijd wordt het mengsel gefiltreerd. Het filtraat wordt gekookt. Tijdens het koken worden vruchtbolletjes van de hopplant toegevoegd die voor tal van geur- en/of smaakstoffen zorgen.
Een voorbeeld van zo'n stof is myrceen:



Er komt uiteindelijk niet veel myrceen voor in bier: het lost slecht op in water en verdampt gemakkelijk.

8 Verklaar aan de hand van de structuurformule waarom myrceen slecht oplost in water.

Bovendien wordt een deel van het myrceen door een additiereactie met water omgezet tot myrcenol. Hierbij reageert één watermolecuul per myrceenmolecuul.

9 Geef een mogelijke structuurformule van myrcenol.

Na het koken met de vruchtbolletjes van de hopplant wordt het mengsel opnieuw gefiltreerd. Nadat biergist is toegevoegd aan het filtraat, laat men het mengsel enige dagen gisten. Hierbij wordt glucose omgezet tot ethanol (= alcohol) en koolstofdioxide.

10 Geef de reactievergelijking in molecuulformules van deze omzetting.

Het mengsel dat tijdens de gisting is ontstaan, moet daarna nog enkele weken 'narijpen', voordat het (na filtratie) als bier kan worden gedronken. Tijdens het narijpen ontstaan onder andere esters die het bier zijn speciale geur en smaak geven.
Een voorbeeld van zo'n ester is de ester die ontstaat door reactie van hexaanzuur met ethanol.

11 Geef de structuurformule van deze ester.

© ThiemeMeulenhoff

Biogebaseerde grondstof voor plastic

De productie van bio-brandstoffen, zoals bio-ethanol, uit hout en plantenafval begint met de afbraak van biomassa tot monosachariden. Vervolgens worden de monosachariden door micro-organismen omgezet tot ethanol.

In deze opgave wordt een aantal verbindingen genoemd waarvan de structuurformules onderaan de bladzijde zijn weergegeven.

Frank Koopman van de TU Delft doet onderzoek naar het gebruik van biogebaseerde grondstoffen voor de productie van chemicaliën en biobrandstoffen. Bij de afbraak van hout en plantenafval tot monosachariden ontstaat als bijproduct HMF. Deze verbinding moet uit het reactiemengsel worden verwijderd voordat de omzetting tot bio-ethanol kan plaatsvinden. Door de aanwezigheid van HMF wordt namelijk de productie van bio-ethanol geremd. Voor het verwijderen van HMF zijn gewoonlijk grote hoeveelheden chemicaliën nodig.
Koopman ontdekte een bacteriesoort die HMF omzet tot FDCA.

FDCA is een veelbelovende biogebaseerde grondstof voor de productie van het nieuwe polymeer PEF (zie structuurformule onderaan deze bladzijde).
PEF bezit eigenschappen die vergelijkbaar zijn met de eigenschappen van de kunststof PET, bekend van frisdrankflessen en fleecekleding.
Het nieuwe polymeer PEF is een polyester die wordt gevormd uit het monomeer FDCA en nog een andere monomeer X.

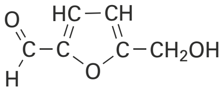
12 Geef de structuurformule van monomeer X.

Het PET van gebruikte frisdrankflessen kan worden gerecycled tot PET waarvan nieuwe frisdrankflessen en/of fleecekleding kunnen worden gemaakt.
Ook voorwerpen die van PEF zijn gemaakt, kunnen op een zelfde wijze worden gerecycled als PET. Dit kan worden verklaard aan de hand van de structuurformule van PEF.

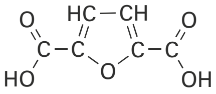
13 Geef deze verklaring.

14 Beargumenteer of PEF een biogebaseerd polymeer mag worden genoemd.

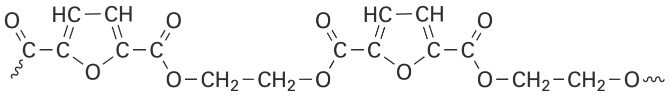
structuurformules



HMF (**h**ydroxy**m**ethyl**f**urfural)



FDCA (**f**uran**d**i**c**arbonic **a**cid)

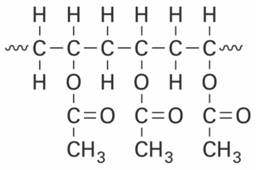


PEF

 © ThiemeMeulenhoff

PVAL

Polyvinylalcohol (PVAL) wordt gebruikt in houtlijm. Polyvinylalcohol kan gemaakt worden uit polyvinylacetaat. Een stukje van een polyvinylacetaatmolecuul kan als volgt worden weergegeven:



polyvinylacetaat

15 Leg uit of deze kunststof een thermoplast of een thermoharder is.

Polyvinylacetaat kan gevormd worden uit het monomeer vinylacetaat.
De polymerisatie is een additiereactie.

16 Geef de structuurformule van vinylacetaat.

Vanwege de aanwezigheid van estergroepen kan polyvinylacetaat worden gehydrolyseerd.
Bij deze hydrolyse ontstaan polyvinylalcohol en een andere stof.

17 Geef de structuurformule van het stukje polyvinylalcoholmolecuul dat bij hydrolyse uit het hierboven weergegeven stukje van een polyvinylacetaatmolecuul gevormd wordt.

18 Geef de structuurformule en de naam van de andere stof die bij deze hydrolyse ontstaat.

Stinkdier

Veel stoffen die stinken, zijn zwavelverbindingen. De stank van rotte eieren bijvoorbeeld wordt veroorzaakt door waterstofsulfide. De zogenoemde alkaanthiolen hebben een vergelijkbare onaangename geur. De structuurformule van een alkaanthiol lijkt op de structuurformule van een alkanol. Op de plaats van het O atoom in een molecuul van een alkanol is in een molecuul van een alkaanthiol een S atoom aanwezig:

CH_3-OH	CH_3-SH
methanol	methaanthiol

Wanneer stinkdieren worden bedreigd, scheiden ze een vloeistof af waarin verschillende zwavelverbindingen voorkomen. Onderzoek leek in eerste instantie uit te wijzen dat de meest voorkomende geurstof in de vloeistof een alkaanthiol was met de molecuulformule C_4H_9SH. Er zijn vier alkaanthiolen die voldoen aan deze molecuulformule. Eén daarvan heeft de volgende structuurformule:

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-SH$

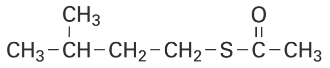
19 Geef de structuurformules van de drie andere alkaanthiolen met molecuulformule C_4H_9SH.

© ThiemeMeulenhoff

Verder onderzoek gaf meer duidelijkheid over de structuurformule van deze stof met molecuulformule C_4H_7SH. Behalve dat een SH groep aanwezig was, bleek ook de koolstofketen van een molecuul van deze stof onvertakt te zijn.

20 Geef een mogelijke structuurformule van een molecuul van de stof met molecuulformule C_4H_7SH die voldoet aan de resultaten van het onderzoek.

Alkaanthiolen kunnen, net zoals alkanolen, reageren met alkaanzuren. Daarbij ontstaan zogenoemde thio-esters. In de vloeistof die door stinkdieren wordt afgescheiden, komt bij sommige soorten de thio-ester met de volgende structuurformule voor:



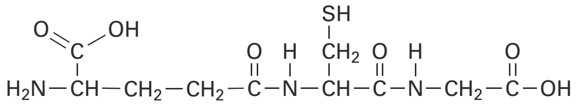
21 Geef de structuurformule van het alkaanthiol en de structuurformule van het alkaanzuur waaruit bovenstaande thio-ester gevormd kan worden.

Glutathion

Een stof waarvan de moleculen zijn opgebouwd uit drie aminozuren wordt een tripeptide genoemd. Met drie verschillende aminozuren, bijvoorbeeld valine (Val), alanine (Ala) en leucine (Leu), kunnen verschillende tripeptiden worden gevormd.

22 Hoeveel verschillende tripeptiden kunnen worden gevormd met de aminozuren valine, alanine en leucine, waarbij elk van de aminozuren in het tripeptide voorkomt? Motiveer je antwoord.

Glutathion is een tripeptide dat door het menselijk lichaam wordt gemaakt. Het is een zogenoemd anti-oxidant. De structuurformule van glutathion is:



Cysteïne (Cys) is één van de drie aminozuren waaruit glutathion is opgebouwd. In glutathion is één aminozuur niet op de gebruikelijke manier aan cysteïne gebonden.

23 Geef de 3-lettersymbolen van de twee andere aminozuren waaruit glutathion is opgebouwd. Maak hierbij gebruik van Binas tabel 67H1.

De werking van glutathion als anti-oxidant berust op een redoxreactie. De halfreactie voor glutathion (schematisch genoteerd als G–SH) is hieronder gedeeltelijk weergegeven:

$$G–SH \rightarrow G–S–S–G + H^+$$

In deze vergelijking zijn e^- en de coëfficiënten weggelaten.

24 Neem de vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

25 Is glutathion in deze reactie oxidator of reductor? Motiveer je antwoord.

© ThiemeMeulenhoff

Gist

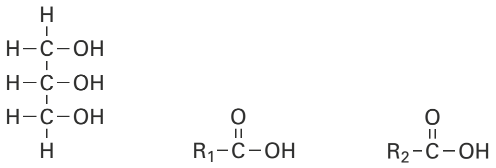
Gist kan in gedroogde vorm worden gekocht. Een fabrikant verkoopt deze gist in een doosje, met daarin 5 zakjes. Elk zakje bevat 10 gram gedroogde gist, een hoeveelheid die voor veel recepten geschikt is. Het zakje waarin de gedroogde gist zit, bestaat uit aluminiumfolie met een laagje polypropeen aan de binnenkant.

Sommige mensen hebben bezwaren tegen het gebruik van dit verpakkingsmateriaal. Zij vinden ook dat de manier waarop de gist wordt verpakt niet milieuvriendelijk is: één groter zakje met daarin 50 gram gist zou volgens hen veel beter zijn.

26 Geef twee argumenten die deze mensen kunnen aanvoeren:
- één argument tegen het gebruik van dit verpakkingsmateriaal;
- één argument waarom een groter zakje beter is.

Uit de tekst op een zakje gedroogde gist blijkt dat aan deze gist de emulgator E 472c is toegevoegd. E 472c is een zogenoemde di-ester. In een molecuul van een di-ester komen twee estergroepen voor. Een molecuul van de di-ester E 472c ontstaat door de reactie van één molecuul glycerol met één molecuul stearinezuur en één molecuul citroenzuur.

Hieronder zijn de structuurformule van glycerol en de vereenvoudigde structuurformules van stearinezuur en citroenzuur weergegeven.



glycerol stearinezuur citroenzuur

Er bestaan meerdere structuurformules die voldoen aan de beschrijving ‘een di-ester die is ontstaan door de reactie van één molecuul glycerol met één molecuul stearinezuur en één molecuul citroenzuur’.

27 Geef de structuurformule van een di-ester die kan ontstaan door de reactie van één molecuul glycerol met één molecuul stearinezuur en één molecuul citroenzuur. Gebruik daarbij bovenstaande vereenvoudigde structuurformules van stearinezuur en citroenzuur.

28 Leg uit hoeveel verschillende di-esters kunnen ontstaan wanneer één molecuul glycerol reageert met één molecuul stearinezuur en één molecuul citroenzuur. Neem aan dat de groepen R_1 en R_2 bij deze estervorming onveranderd blijven.

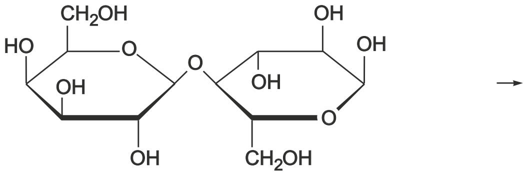
© ThiemeMeulenhoff

Lactulose

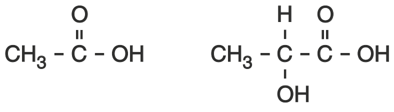
In melk komt lactose voor. Lactose is een disacharide met de schematische structuurformule, weergegeven in de bijlage hieronder.
Lactose kan in de dunne darm, wanneer daar het enzym lactase aanwezig is, worden gehydrolyseerd tot twee monosachariden. De ontstane monosachariden kunnen vervolgens worden opgenomen in het lichaam.

29 Geef in de bijlage de reactievergelijking in structuurformules van de hydrolyse van lactose. Ga daarbij uit van de al gegeven structuurformule van lactose en geef de reactieproducten in vergelijkbare structuurformules.

bijlage bij vraag 29



Bij 10% van de blanke West-Europeanen tot 90% van de Aziaten blijkt het enzym lactase niet of onvoldoende in de dunne darm aanwezig te zijn.
Ten gevolge daarvan veroorzaakt voeding die lactose bevat bij deze mensen darmklachten.
Bij de bereiding van kaas uit melk komt lactose (bijna) niet in de kaas terecht: lactose is bij de kaasbereiding een bijproduct. Een van de nuttige producten die uit lactose wordt gemaakt, is lactulose. Lactulose is net als lactose een disacharide met de molecuulformule $C_{12}H_{22}O_{11}$. Het wordt als middel gegeven bij verstopping van de dikke darm. Lactulose wordt niet afgebroken in de mond, in de maag of in de dunne darm. In de dikke darm wordt lactulose door darmbacteriën omgezet tot de stoffen met de volgende structuurformules:



stof A stof B

30 Geef de systematische naam van stof A.

De vergelijking van de omzetting van lactulose onder invloed van darmbacteriën kan schematisch (in woorden) met de volgende vergelijking worden weergegeven:

1 mol lactulose + 1 mol stof X → 3 mol stof A + 2 mol stof B

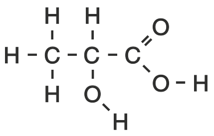
31 Wat is de formule van stof X? Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

© ThiemeMeulenhoff

De werking van lactulose als middel tegen verstopping van de dikke darm berust volgens een voorlichtingsfolder op het vasthouden van water door de stoffen A en B. Dit komt door de vorming van waterstofbruggen. Door het vasthouden van water neemt het volume van de darminhoud toe en wordt de ontlasting zachter.

32 Laat in de bijlage aan de hand van een tekening zien hoe twee watermoleculen door middel van waterstofbruggen gebonden kunnen zijn aan een molecuul van stof B. Teken de watermoleculen in structuurformule en geef met ··· de waterstofbruggen weer.

bijlage bij vraag 32



Het ontstaan van de stoffen A en B uit lactulose zorgt ook voor een verandering van de pH van de darminhoud. Zowel het grotere volume van de darminhoud als de verandering van de pH hebben tot gevolg dat de darmen geprikkeld worden om harder te werken.

33 Leg uit of door het ontstaan van de stoffen A en B uit lactulose de pH van de darminhoud hoger of lager wordt.

Kaas

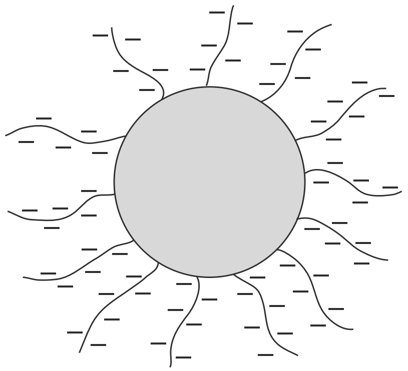
De eerste kaas is waarschijnlijk omstreeks 5000 voor Christus per toeval gemaakt doordat melk werd bewaard in magen van geslachte kalveren. In die magen zitten enzymen die er voor zorgen dat melk gaat samenklonteren en uiteindelijk kaas wordt. De volgende tekst gaat over het maken van kaas.

Melk is een emulsie van eiwitten, vetten, koolhydraten, vitamines en mineralen in water. Om kaas te maken voegt de kaasmaker zuursel en stremsel toe aan melk. Zuursel bevat melkzuurbacteriën die lactose (melksuiker) omzetten tot melkzuur. Hierdoor wordt de melk zuur en gaan de melkeiwitten samenklonteren. Als alleen zuursel wordt toegevoegd aan melk, lijkt de ontstane substantie op yoghurt en is er geen kaas van te maken. Daarom voegen kaasmakers ook stremsel toe. Dit stremsel bevat het enzym chymosine.
Dit enzym ‘knipt’ een gedeelte van de eiwitmoleculen af. Hierdoor klonteren de eiwitten steviger samen. Het gevolg is een dikker mengsel, de wrongel, waarvan wel kaas te maken is. Er is maar een klein beetje stremsel nodig om er voor te zorgen dat wrongel ontstaat.
De wrongel wordt vervolgens samengeperst in de vorm die de kaas moet krijgen. Het overtollige vocht, de wei, wordt afgevoerd. De kaas gaat daarna een tijd in een bad met pekel om zout op te nemen, waardoor de kaas langer houdbaar blijft. Tot slot moet kaas nog een paar weken rijpen. Tijdens het rijpen zorgen enzymen in de kaas voor de hydrolyse van vetten en eiwitten.
De hydrolyseproducten dragen bij aan de smaak van de kaas.

naar: Chemische Feitelijkheden

© ThiemeMeulenhoff

34 Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de vorming van melkzuur ($C_3H_6O_3$) uit lactose ($C_{12}H_{22}O_{11}$). In deze reactievergelijking is melkzuur het enige reactieproduct en komt nog één andere stof voor.



Het samenklonteren van de melkeiwitten is een bijzonder proces. In melk zweven de melkeiwitten als zogeheten micellen in de melkvloeistof. Zie de figuur hiernaast. De micel bestaat uit eiwitmoleculen waarvan sommige met negatief geladen ‘staartjes’ aan de buitenkant van de micel zitten. Ook deze ‘staartjes’ bestaan uit aminozuren.
In de ‘staartjes’ komt een aantal eenheden van het aminozuur glutaminezuur voor. Deze glutaminezuureenheden zorgen voor de negatieve ladingen. Melk heeft een pH van ongeveer 6,7 en bij deze pH bevatten de glutaminezuureenheden COO^- groepen. Deze COO^- groepen zijn zwakke basen. Door de negatieve ladingen stoten de micellen elkaar af en blijven ze zweven. Wanneer tijdens het kaasmaken de pH onder 4,9 daalt, worden de ‘staartjes’ elektrisch neutraal en klonteren de micellen samen.

35 Verklaar waarom de ‘staartjes’ elektrisch neutraal worden als gevolg van de pH-daling.

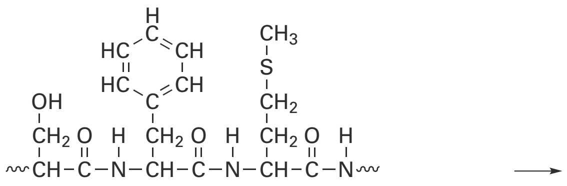
Het ‘afknippen’ (regel 8) door het enzym chymosine is een hydrolysereactie en vindt plaats tussen de aminozuureenheden van fenylalanine en methionine in de ‘staartjes’ van de eiwitmoleculen.

36 Geef aan waarom het enzym chymosine slechts in relatief geringe hoeveelheid hoeft te worden toegevoegd.

In de bijlage staat de structuurformule van het deel van het eiwitmolecuul waarin de ‘knip’ plaatsvindt.

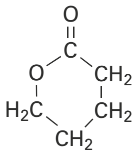
37 Geef in de bijlage de reactievergelijking van de hydrolyse, die plaatsvindt onder invloed van het enzym chymosine. Gebruik daarbij structuurformules.

bijlage bij vraag 37



© ThiemeMeulenhoff

Tijdens het rijpen van de kaas (regel 15) ontstaan onder andere esters.
Hieronder is de structuurformule gegeven van zo’n ester, een zogenoemde inwendige ester.



Deze inwendige ester is ontstaan uit één stof. Elk molecuul van deze stof bevat de twee karakteristieke groepen die de estervorming mogelijk maken.

38 Geef de structuurformule van de stof waaruit deze inwendige ester is ontstaan.

© ThiemeMeulenhoff

Hints bij hoofdstuk 3

1 Teken eerst isobuteen als etheen met een methylgroep naar boven en een naar onder.

2 De gevraagde isomeren hebben een niet-vertakte keten.

3 Welke isomeer heeft butaan?

4 Welke stof kan een –OCH_3 groep en een H atoom leveren?

5 Wordt een enzym verbruikt?

7 Zoek de peptidebindingen.

8 Gebruik de termen waterstofbrug, of polair/apolair, of hydrofoob.

9 Teken een H atoom en een OH groep aan de C atomen van de dubbele binding.

10 Begin met het kloppend maken van de H atomen.

11 Splits H_2O af uit de OH groepen van zuur en alcohol.

12 Het monomeer moet met het dizuur esterbindingen vormen.

13 Aan welke eis moet een plastic voldoen om te kunnen recyclen?

14 Wanneer noem je een stof biogebaseerd?

15 Is polyvinylacetaat een lange keten of een netwerkstructuur?

16 Splits de keten in eenheden van 2 C atomen, teken daartussen een dubbele binding.

17 Vervang de H_3C–C=O groep door een H atoom.

18 Dit moet een alkaanzuur zijn.

19 Verplaats de –SH groep en vertak de keten.

20 Het molecuul moet een dubbele binding hebben.

21 De hydrolyse gaat zoals bij een ester, alleen zit hier een S atoom op de plaats van een O atoom.

22 Elk van de drie aminozuren kan als begin van het tripeptide optreden.

23 Denk een –COOH en een –NH_2 groep op de plaats van de peptidebindingen.

24 Aantal atomen en lading voor en na de pijl moeten gelijk zijn.

25 Een oxidator neemt elektronen op.

27 Splits twee keer een molecuul H_2O af uit een –OH van glycerol en –OH van een zuur.

28 Theoretisch zijn er 6 mogelijkheden, waarvan enkele aan elkaar gelijk zijn.

29 Bij hydrolyse komen 2 OH groepen op de plaats van het O atoom tussen de ringen.

30 Wat is de langste koolstofketen en wat is de karakteristieke groep?

31 Vul in de reactievergelijking de molecuulformules in.

32 Ga na welke H atomen δ+ en welke O atomen δ– zijn.

33 Komt er zuur bij of verdwijnt er zuur?

34 Maak eerst de C atomen kloppend, vergelijk dan de H en O atomen voor en na de pijl.

35 Wat is het effect van pH daling op het aantal H^+ ionen?

37 De juiste peptidebinding is die tussen fenylalanine en methionine (gegeven); gebruik Binas 67H1.

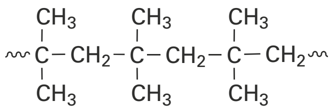
38 Zoek de esterbinding en laat deze splitsen door een watermolecuul.

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij hoofdstuk 3

Benzine

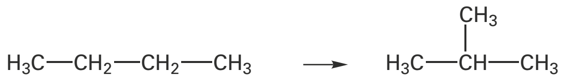
1



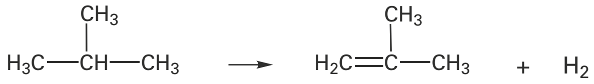
2 but-1-een en but-2-een
but-3-een is hetzelfde als but-1-een en dan geldt het laagste plaatsnummer.

3 *De gevraagde reactievergelijkingen kunnen als volgt worden weergegeven:*

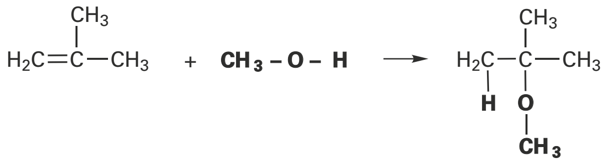
reactie 1:



reactie 2:



4 CH_3–O–H
De stof X is methanol dat (net als broom en water) aan isobuteen kan adderen, waarbij de dubbele binding verdwijnt:



Bier brouwen

5 *Mogelijke antwoorden:*
- stof die met zetmeel reageert: water *of* H_2O
- functie van de enzymen:

• Enzymen versnellen de reactie
• Enzymen treden op als (bio)katalysatoren.
• Enzymen maken de omzetting mogelijk.

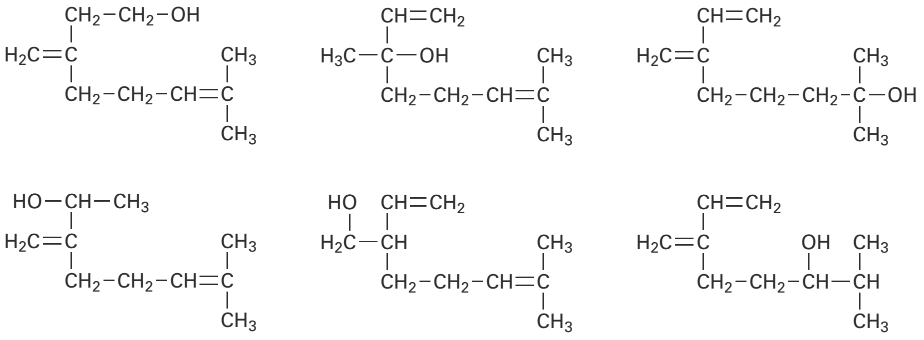
6 aminozuren

7 De bindingen 2 en 5 worden verbroken.
Dit zijn de peptidebindingen waarmee de aminozuren gekoppeld zijn.

8 *Mogelijke antwoorden:*
- Myrceen is een koolwaterstof, dus apolair; water is polair.
- Myrceen bevat geen OH of NH bindingen, kan dus geen waterstofbruggen vormen.
- Myrceen bevat geen polaire bindingen; is dus hydrofoob.

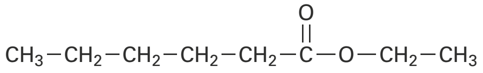
© ThiemeMeulenhoff

9 *Aan de C atomen van een dubbele binding worden een H en een OH groep gebonden.*
Er zijn zes antwoorden mogelijk:

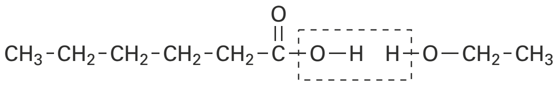


10 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_6O + 2\ CO_2$

11



Er vindt waterafsplitsing plaats tussen hexaanzuur en ethanol:



Biogebaseerde grondstof voor plastic

12 HO–CH_2–CH_2–OH

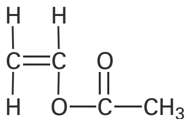
13 PEF is een polymeer met lange ketens, zonder dwarsverbindingen.
PEF is dus een thermoplast.

14 *Mogelijke antwoorden:*
- Je mag PEF biogebaseerd noemen als monomeer X ook biogebaseerd is.
- Dat hangt er van af of ook monomeer X biogebaseerd is.
- Gedeeltelijk biogebaseerd is beter als naam.

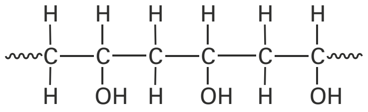
PVAL

15 Er is hier sprake van een thermoplast, omdat er geen dwarsverbindingen voorkomen tussen de ketens onderling. Daardoor blijft de beweeglijkheid van de ketenmoleculen bestaan en wordt de stof zacht bij verwarming.

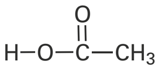
16



17



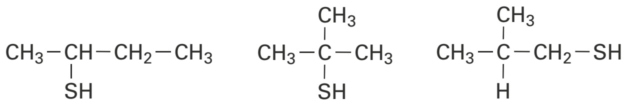
18



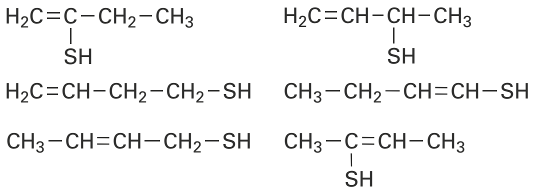
De naam van deze stof is ethaanzuur (of azijnzuur).

Stinkdier

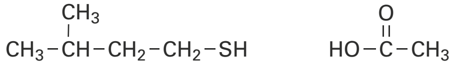
19



20 *Er zijn 6 structuurformules als antwoord mogelijk:*



21



De ester ontstaat door afsplitsing van H_2O (H van het thiol en OH van het zuur).

Gluthation

22 Bij elk peptide als begin zijn twee volgordes voor de andere twee peptiden mogelijk.
Er zijn dus 3 × 2 = 6 tripeptiden mogelijk.
Stel je de peptiden voor als A, B en C dan zijn de mogelijkheden: ABC, ACB, BAC, BCA, CAB en CBA.

23 Glu en Gly
Cysteïne is het middelste van de drie aminozuren. Met peptidebindingen zijn links een molecuul glutaminezuur, rechts een molecuul glycine gebonden. Glutaminezuur levert de zuurgroep voor een van de peptidebindingen, maar dat is niet de gebruikelijke zuurgroep naast de aminogroep.

24 2 GSH $\rightarrow$ G-S-S-G + 2 H^+ + 2 e^-

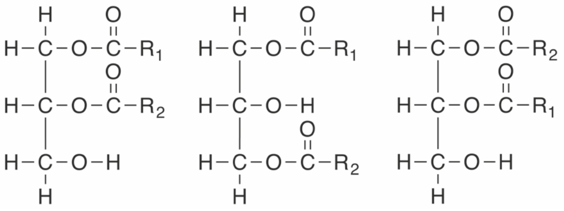
25 Glutathion is een reductor, want volgens de halfreactie (zie onderdeel 24) staat glutathion elektronen af.
In de tekst staat ook dat glutathion een antioxidant is, dus een reductor.

Gist

26 *Mogelijke argumenten tegen het gebruik van dit verpakkingsmateriaal:*
- Aluminium wordt slecht afgebroken in het milieu.
- Polypropeen wordt slecht afgebroken in het milieu.
- Door de verschillende materialen is het moeilijk te recyclen.

Mogelijke argumenten waarom een groter zakje beter is:
- Er is minder verpakkingsmateriaal nodig.
- Er wordt minder energie verbruikt bij de productie.

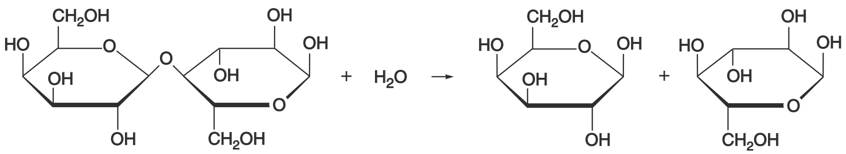
27 *Geef een van de onderstaande drie structuurformules:*



28 In glycerol zijn C(1) en C(3) gelijkwaardig. Het ene zuur kan dus maar op twee plaatsen een verschillende ester vormen. Bij estervorming aan C(1) zijn er dan nog twee mogelijkheden voor het andere zuur. Bij estervorming aan C(2) blijft voor het andere zuur nog alleen een van de eindstandige OH groepen over om te veresteren. Er zijn dus drie verschillende di-esters mogelijk.
De formules hoeven niet getekend te worden, zolang er maar een uitleg is waarom er drie di-esters zijn.

Lactulose

29 *Schematisch weergegeven:*

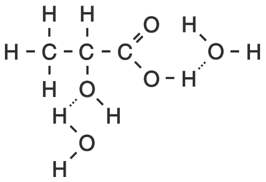


30 ethaanzuur
2 C atomen ⇒ stamnaam = ethaan; –(C)OOH = zuurgroep

31 De formule van stof X is H_2O, want
- de reactievergelijking is: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 3\ C_2H_4O_2 + 2\ C_3H_6O_3$ *of*
- als je de atomen na de pijl optelt, kom je op 12 C atomen, 24 H atomen en 12 O atomen; dat scheelt H_2O met de atomen voor de pijl.

© ThiemeMeulenhoff

32 *Voorbeeld van een juiste tekening (H staat tussen twee O atomen):*



33 Zowel stof A als stof B is een zuur ⇒ door het ontstaan van deze stoffen zal er meer H^+ komen en de pH van de darminhoud dus lager worden.

Kaas

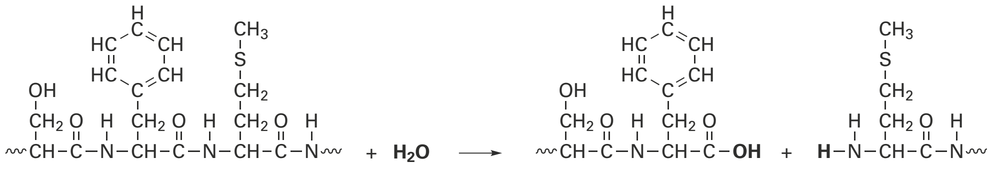
34 $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 4\ C_3H_6O_3$
Op grond van het aantal C atomen moet rechts de coëfficiënt 4 staan. Je ziet dan dat er voor de pijl twee H atomen en een O atoom ontbreken.

35 Als de pH daalt (als de melk zuurder wordt), komen er meer H^+ ionen die met de basische $–COO^-$ groepen reageren tot ongeladen –COOH groepen.

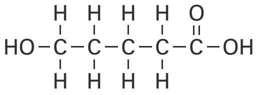
36 *Mogelijke antwoorden:*
- Het enzym chymosine wordt bij de reactie alleen gebruikt, maar niet verbruikt.
- Chymosine is een enzym of biokatalysator.

Met een kleine hoeveelheid katalysator kan een grote hoeveelheid stof worden omgezet.

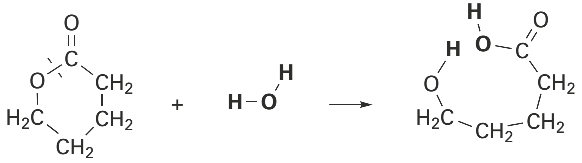
37 *De peptidebinding tussen fenylalanine en methionine wordt verbroken (gegeven):*



38 *De gevraagde stof moet een OH-groep en een zuurgroep bevatten:*



De reactie verloopt als volgt:



© ThiemeMeulenhoff

4 Energie

Wegwerpaansteker

Als onderwerp voor hun profielwerkstuk hebben André en Robert de wegwerp-aansteker gekozen. Zij willen onder andere weten hoeveel warmte zo'n aansteker levert. Voor de beantwoording wegen André en Robbert een aansteker en maken er 40 keer een vlammetje mee. Daarna wegen ze de aansteker opnieuw. Deze blijkt 0,15 gram lichter te zijn geworden. Verder hebben ze gevonden dat $2{,}9 \cdot 10^6$ joule aan energie vrijkomt bij de volledige verbranding van 1,0 mol C_4H_{10} (aanstekergas).

1 Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van C_4H_{10}.

2 Bereken uit de resultaten van de bovenstaande proef hoeveel joule gemiddeld vrijkomt bij zo'n vlammetje. Neem daarbij aan dat 0,15 g C_4H_{10} volledig is verbrand.

In de discussie geven André en Robbert aan dat de hoeveelheid energie die ze met hun gegevens hebben berekend, anders is dan de hoeveelheid energie die is vrijgekomen bij hun experiment. Dit leiden ze af uit de waarneming dat de vlammetjes geel van kleur waren.

3 Beredeneer hoe uit deze waarneming kan worden afgeleid dat de hoeveelheid energie die vrijkomt bij zo'n vlammetje anders is dan de in vraag 2 berekende energie.

Synthesegas

Een in de industrie veel gebruikt gasmengsel is synthesegas.
Synthesegas is een mengsel van twee volumedelen waterstof en één volumedeel koolstofmonoxide.
Uit synthesegas kan methanol worden gemaakt volgens:

$$2\ H_2 + CO \rightarrow CH_3OH$$

Zowel synthesegas als methanol kunnen als brandstof worden gebruikt.

4 Bereken de reactiewarmte van deze reactie met behulp van de vormingswarmte van koolstofmono-oxide en van methanol. Is deze reactie exotherm of endotherm?

5 Leg uit dat bij volledige verbranding uit beide brandstoffen dezelfde reactieproducten ontstaan.

Men verbrandt volledig:
I een hoeveelheid synthesegas;
II een hoeveelheid methanol, gevormd uit evenveel synthesegas als bij I.

6 Leg uit bij welk proces: I of II, meer energie zal vrijkomen.

© ThiemeMeulenhoff

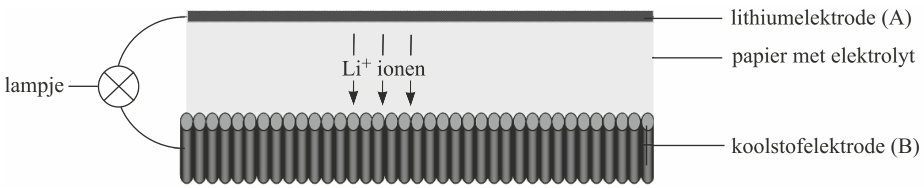
Papieren lithiumbatterij

De batterij in figuur 1 is amper groter dan een postzegel en niet dikker dan een blaadje papier.
Toch kan deze nieuwe batterij van papier voldoende energie geven om een klein lampje te laten branden.
Hoe werkt deze batterij?

figuur 1

In figuur 2 is een schematische voorstelling van de batterij te zien. Eén pool is gemaakt van koolstof, de andere van lithium. Tussen de polen bevindt zich papier dat doordrenkt is met een geleidende vloeistof.

figuur 2



Aan elektrode A vindt de volgende halfreactie plaats:

$$Li \rightarrow Li^+ + e^-$$

7 Is elektrode A de positieve of de negatieve elektrode? Licht je antwoord toe.

In het organische oplosmiddel waarmee het papier is doordrenkt, is het zout $LiPF_6$ opgelost.

8 Verklaar waarom de oplossing, waarmee het papier is doordrenkt, de elektrische stroom geleidt. Maak daarbij gebruik van begrippen op microniveau.

Met de koolstofelektrode in de papieren batterij is iets bijzonders aan de hand.
Deze elektrode bestaat uit zogenoemde koolstof-nanobuisjes. Deze nanobuisjes bestaan uitsluitend uit C atomen.
De belangrijkste oorzaak waardoor deze papieren lithiumbatterij elektrische stroom levert, berust op een eigenschap van de koolstof-nanobuisjes. Deze kunnen namelijk Li atomen binden. De binding van de Li atomen aan de nanobuisjes is zelfs sterker dan de binding tussen de Li atomen in de lithiumelektrode. Bij stroomlevering komen de Li^+ ionen los uit de lithiumelektrode, bewegen naar de koolstofelektrode en worden uiteindelijk als Li atomen aan de koolstof-nanobuisjes gebonden.
In de koolstof-nanobuisjes worden twee Li atomen per zes koolstofatomen gebonden.
De verbinding wordt weergegeven met de formule C_6Li_2.
De stroomlevering van de batterij stopt wanneer voor alle koolstofatomen in de koolstofelektrode geldt dat per zes koolstofatomen twee Li atomen zijn gebonden.
Aan de andere elektrode is dan nog steeds lithium aanwezig. De capaciteit van een batterij kan worden gedefinieerd als de hoeveelheid elektronen die deze batterij kan leveren. Voor de papieren lithiumbatterij wordt de capaciteit bepaald door het aantal koolstofatomen in de koolstofelektrode.

© ThiemeMeulenhoff

9 Geef de vergelijking van de halfreactie van de vorming van C_6Li_2 uit Li^+ ionen en koolstof.

10 Bereken hoeveel mol elektronen een papieren lithiumbatterij met een koolstofelektrode van 210 mg maximaal kan leveren.

De in deze opgave beschreven batterij is oplaadbaar.
11 Leg uit hoe het komt dat deze batterij oplaadbaar is.

LPG

Vijf procent van de auto's in Nederland gebruikt LPG (autogas) als brandstof. In een artikel over LPG staat het volgende:

tekst 1

Wat is LPG?

LPG staat voor Liquefied Petroleum Gas. Het kan gebruikt worden als een relatief schonere brandstof voor auto's dan benzine of diesel. LPG komt vrij bij het verwerken van aardolie en bij de winning van aardgas. LPG is onder hoge druk vloeibaar gemaakt. Het wordt als vloeistof getankt, maar komt als gas in de motor. LPG is een mengsel van voornamelijk butaan en propaan.

naar: de Volkskrant

In tekst 1 wordt beschreven dat LPG onder andere vrijkomt bij het verwerken van aardolie. Zowel bij het destilleren als bij het kraken van aardolie wordt LPG verkregen.
12 Noem een verschil tussen destilleren en kraken.

13 Geef de volledige verbranding van LPG weer in één reactievergelijking. Neem hierbij aan dat in LPG alleen C_4H_{10} en C_3H_8 in de molverhouding 1 : 1 aanwezig zijn.

Hieronder is een gedeelte van de veiligheidskaart van LPG weergegeven.

liquefied petroleumgas **LPG** C_3H_8 en C_4H_{10}

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN		BELANGRIJKE GEGEVENS
Kookpunt, ºC	ca. –20	**KLEURLOOS ONDER DRUK TOT VLOEISTOF VERDICHT GAS**
Smeltpunt, ºC	ca. –160	
Explosiegrenzen, volume% in lucht	1,5 - 10	grenswaarde 1000 ppm 1800 mg/m^3
Relatieve dichtheid (water = 1)	ca. 0,6	
Oplosbaarheid in water	niet	**Wijze van opname/inademingsrisico:** De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing. **Directe gevolgen:** Door snel verdampen kan de vloeistof bevriezing veroorzaken. In aanzienlijke concentraties kan de stof aanleiding geven tot bewustzijnsverlaging.
Relatieve molecuulmassa	ca. 50	

© ThiemeMeulenhoff

In tekst 1 staan namen van stoffen die in LPG voorkomen. Op de veiligheidskaart zijn twee molecuulformules gegeven. In feite staan deze molecuulformules voor drie stoffen; de twee die in de tekst worden genoemd en nog een derde stof.
14 Geef de structuurformules van deze drie stoffen.

Uit een gegeven op de veiligheidskaart van LPG kan worden afgeleid of het verdampen van LPG een exotherm of een endotherm proces is.
15 Noem dit gegeven en leg uit of het verdampen van LPG een exotherm of een endotherm proces is.

Het massapercentage propaan in LPG is 's winters anders dan 's zomers. LPG met een samenstelling die 's zomers wordt gebruikt, zou 's winters problemen kunnen geven bij het verdampen. Daarom is het gehalte van de stof met het laagste kookpunt 's winters hoger dan 's zomers.
16 Beredeneer of het massapercentage propaan in LPG 's winters groter of kleiner is dan 's zomers.

In een ander deel van het artikel over LPG staat het volgende:

tekst 2

Is LPG gevaarlijk?

Ja, want LPG is uiterst brandbaar en explosief. Als vloeibaar LPG vrijkomt, dijt het tot 270 keer zijn oorspronkelijk volume uit. Zodra deze gaswolk vlam vat, wordt die nog eens zeven keer groter. Hierbij kan een drukgolf ontstaan die schade aan de omringende gebouwen veroorzaakt. De kans op branden in de omgeving is groot.

naar: de Volkskrant

Op de veiligheidskaart is aangegeven tussen welke volumepercentages van LPG in lucht er gevaar voor explosie bestaat.
Een auto met een lekke LPG-tank staat geparkeerd in een garage. De inhoud van de garage is 45 m^3.
17 Bereken hoeveel liter vloeibare LPG minstens uit de lekkende tank moet verdampen om explosiegevaar te veroorzaken.
Gebruik daarbij gegevens van de veiligheidskaart en uit tekst 2.
Ga ervan uit dat er geen LPG uit de garage verdwijnt en dat de gehele garage wordt gevuld met het explosieve gasmengsel.

© ThiemeMeulenhoff

Bereiding van buta-1,3-dieen

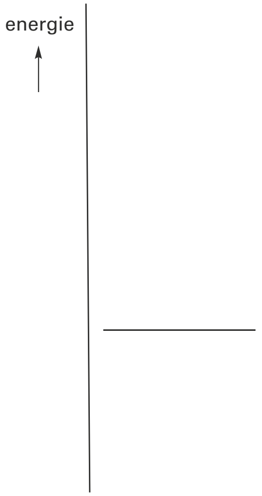
In de chemische industrie wordt ethanol gebruikt als grondstof voor de productie van buta-1,3-dieen. Wanneer ethanoldamp bij ongeveer 450 °C in contact gebracht wordt met een katalysator van aluminiumoxide en zinkoxide, treedt de volgende reactie op:

$$2\ C_2H_5OH(g) \rightarrow C_4H_6(g) + 2\ H_2O(g) + H_2(g)$$

18 Bereken de reactiewarmte voor deze reactie per mol buta-1,3-dieen.

19 Leg aan de hand van de reactiewarmte uit of de reactie endotherm of exotherm is.

20 Schets het energiediagram van deze reactie en zet bij alle energieniveaus de juiste bijschriften.
Maak gebruik van de figuur hieronder.



21 Leg uit hoe het energiediagram verandert, als de reactie zonder aluminiumoxide en zinkoxide zou worden uitgevoerd.

Batterij

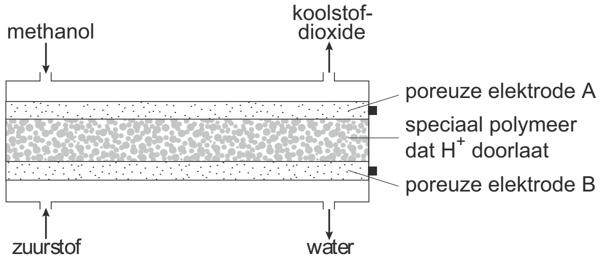
Een batterij bevat een koolstofstaaf. Daaromheen zit een laag koolstofpoeder dat gemengd is met mangaan(IV)oxide (MnO_2).
Om deze laag bevindt zich een pasta waarin ammoniumionen voorkomen.
Als de batterij stroom levert, vindt aan de koolstofstaaf een halfreactie plaats, waarbij MnO(OH) en ammoniak (NH_3) ontstaan.

22 Leid af hoe groot de lading is van het mangaanion in MnO(OH).

23 Geef de vergelijking van de halfreactie die optreedt aan de koolstofstaaf en leg aan de hand hiervan uit of de koolstofstaaf de positieve of de negatieve pool van de batterij is.

Microbrandstofcel

Een aantal bedrijven is bezig met de ontwikkeling van een microbrandstofcel die op termijn de batterij in een mobiele telefoon kan vervangen. In een microbrandstofcel reageren zuurstof uit de lucht en methanol (CH_3OH) met elkaar waarbij elektrische energie vrijkomt.
Een microbrandstofcel ziet er, sterk vergroot, schematisch als volgt uit:



De vergelijking van de halfreactie die plaatsvindt bij elektrode A is:
$CH_3OH + H_2O \rightarrow CO_2 + 6\ H^+ + 6\ e^-$

24 Is elektrode A de positieve of de negatieve pool van de microbrandstofcel? Motiveer je antwoord.

De H^+ ionen die bij elektrode A ontstaan, bewegen door het polymeer naar elektrode B. De vergelijking van de halfreactie van zuurstof die plaatsvindt bij elektrode B, is vermeld in Binas (48).

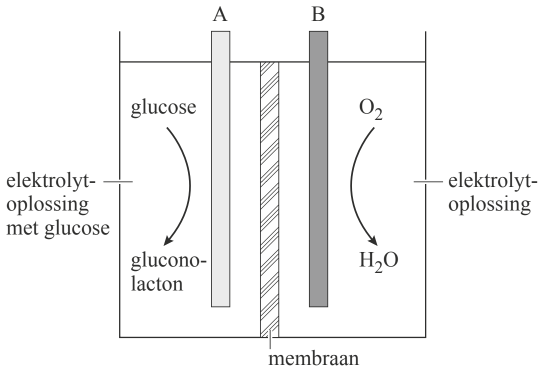
25 Leid met behulp van de vergelijking van de halfreactie van zuurstof en de vergelijking van de halfreactie bij elektrode A, de vergelijking af van de totale redoxreactie die plaatsvindt in de microbrandstofcel.

Suikerbatterij

Glucose is een belangrijke energiebron in de levende natuur.

26 Geef de naam van het proces waarbij in groene planten glucose wordt gevormd en geef de namen van de twee stoffen waaruit glucose bij dit proces wordt gevormd.

In 2007 hebben onderzoekers van Sony een prototype ontwikkeld van een elektrochemische cel (batterij) die zijn energie haalt uit een reactie van glucose met zuurstof. Hieronder is deze suikerbatterij schematisch weergegeven.



De batterij bevat twee koolstofelektroden (A en B) die elk zijn bedekt met een laagje van een verschillend enzym. De elektroderuimtes worden gescheiden door een membraan. Aan elektrode A wordt glucose omgezet tot gluconolacton ($C_6H_{10}O_6$) volgens de halfreactie:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_6H_{10}O_6 + 2\,H^+ + 2\,e^-$$

27 Is elektrode A de positieve of de negatieve pool van de suikerbatterij? Motiveer je antwoord.

Bij elektrode B wordt zuurstof omgezet tot water. Bij deze omzetting reageren ook H^+ ionen. De vergelijking van de halfreactie van zuurstof die plaatsvindt bij elektrode B, staat in Binas tabel 48.

28 Leid met behulp van de vergelijking van de halfreactie van zuurstof en de vergelijking van de halfreactie bij elektrode A, de vergelijking af van de totale redoxreactie die plaatsvindt in de suikerbatterij.

De H^+ ionen kunnen zich door het membraan verplaatsen.

29 Leg uit of de H^+ ionen zich van elektrode A naar elektrode B verplaatsen of van elektrode B naar elektrode A.

Het prototype van de suikerbatterij heeft de vorm van een kubus met een ribbe van 4 cm. De elektroderuimte van elektrode A wordt gevuld met 20 mL 0,40 M glucose-oplossing.
De suikerbatterij kan worden gebruikt om een bluetooth speaker te voorzien van elektrische stroom. Om een bepaalde bluetooth speaker een uur te laten spelen is $2{,}3 \cdot 10^{-3}$ mol elektronen nodig.

30 Bereken hoeveel uur de bluetooth speaker kan spelen op de glucose die aanwezig is in 20 mL 0,40 M glucose-oplossing. Neem aan dat alle glucose wordt omgezet.

Fotokatalyse

Water-kracht

Wetenschappers in Japan hebben een efficiëntere manier gevonden om waterstof, de allerbeste 'groene' brandstof, uit water te halen. Zij hebben een stof ontwikkeld die zonlicht gebruikt om water af te breken in waterstof en zuurstof. De nieuw ontwikkelde stof werkt nog niet efficiënt genoeg om commercieel interessant te zijn, maar dat kan volgens de uitvinders nog verbeterd worden. Als zij gelijk hebben, kan waterstof binnenkort net zo beschikbaar zijn als aardgas.
Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft tot gevolg dat een aantal ongewenste stoffen, zoals broeikasgassen en roetachtige stoffen, in het milieu komen. Bovendien raken fossiele brandstoffen eens op. Het gebruik van waterstof heeft deze nadelen niet. Bovendien kan waterstof ook gebruikt worden in brandstofcellen om elektriciteit op te wekken. Zulke brandstofcellen kunnen elektrische voertuigen aandrijven, waarbij geen schadelijke uitlaatgassen ontstaan.
Helaas is het niet gemakkelijk om de waterstof los te krijgen uit het watermolecuul. Je kunt water ontleden met elektrische stroom, maar elektrische stroom wordt voornamelijk gemaakt met conventionele elektriciteitscentrales. Dat draagt niet bij tot een vermindering van de milieuvervuiling.
Verschillende zogenoemde fotokatalysatoren zijn in staat water tamelijk efficiënt

door ultraviolet licht te laten splitsen. Helaas wordt dan een groot deel van het zonlicht (het licht in het zichtbare gebied) niet benut. Fotokatalysatoren die werken met zichtbaar licht bleken bij langer gebruik te ontleden of ze waren slecht in staat om water te splitsen.
Zhigang Zou en collega's van het National Institute of Advanced Industrial Science and Technology in Japan hebben een fotokatalysator ontwikkeld die niet ontleedt bij intensief gebruik. Hij is niet erg efficiënt – meer dan 99% van de lichtenergie gaat verloren in plaats van dat het gebruikt wordt voor het splitsen van water – maar in verhouding tot de concurrentie is dit goed genoeg.
De fotokatalysator is gemaakt uit een mengsel van metaaloxiden. Dit mengsel bestaat uit oxiden van indium, nikkel en tantaal.
De onderzoekers denken dat ze het rendement kunnen verbeteren, bijvoorbeeld door de fotokatalysator poreus te maken of te malen tot kleinere deeltjes. Ook kan er nog wat gesleuteld worden aan de chemische samenstelling.

naar: Nature, p.6, 2007

Lees bovenstaand artikel.

31 Noem twee argumenten die ontleend zijn aan het artikel waarom waterstof een 'groene' brandstof (regel 2) wordt genoemd.

32 Geef de vergelijking van de reactie die in de regels 3 en 4 wordt beschreven.

Uit de tekst kan worden afgeleid of de ontleding van water een endotherm of een exotherm proces is.

33 Geef deze afleiding.
Formuleer je antwoord als volgt: In de tekst staat: ' . . . .', dus de ontleding van water is een . . . . proces.

34 Leg uit, aan de hand van de brandstof(fen) die een conventionele elektriciteitscentrale gebruikt, waarom milieuvervuiling optreedt bij deze productie van elektriciteit (regels 17-18).

35 Hoe groot is het energie-rendement van het proces dat plaatsvindt onder invloed van de fotokatalysator die door de Japanners is ontwikkeld?
Geef een verklaring voor je antwoord.

36 Waarom mag verwacht worden dat het rendement wordt verbeterd door de in regel 32 voorgestelde aanpassingen?

Hints bij hoofdstuk 4

1 Met zuurstof ontstaan CO_2 en H_2O.

2 Bereken eerst de massa butaan per vlammetje en reken dat om naar mol.

3 Levert onvolledige verbranding meer of minder energie op dan volledige?

4 Zie Binas 57A en B.

5 Welke producten ontstaan bij de volledige verbranding van CH_3OH?

6 Schets eventueel een diagram met de energieniveaus van de beginstoffen van de verbranding van methanol en die van de verbranding van synthesegas. Teken maar één niveau voor de reactieproducten (zie uitwerking 5).

7 Waar blijven de elektronen die bij de halfreactie bij elektrode A vrijkomen?

8 Welke twee voorwaarden zijn nodig voor stroomgeleiding?

9 Maak de lading kloppend met elektronen.

10 Bereken het aantal mol C; gebruik de molverhouding uit uitwerking 9.

11 Wat gebeurt er met de lithiumionen en -atomen als de stroom wordt omgekeerd?

13 Noteer voor de pijl zowel C_3H_8 als C_4H_{10}.

14 Ga na of er isomerie mogelijk is.

15 Kijk bij: Directe gevolgen.

16 Welke stof zal het laagste kookpunt hebben: C_3H_8 of C_4H_{10}?

17 Gebruik de onderste explosiegrens.

18 Gebruik zowel Binas 57A als 57B. Er ontstaat waterdamp.

19 Een negatief teken voor de reactiewarmte betekent dat er energie vrijkomt.

20 Denk aan het niveau van de geactiveerde toestand.

21 Er is maar één niveau dat van hoogte verandert als een reactie zonder katalysator wordt uitgevoerd.

22 Welke negatieve ionen zijn aanwezig in MnO(OH)?

23 begin: MnO_2; eind: MnO(OH)

24 Waar extra elektronen zijn, is de lading negatief.

25 Gebruik de halfreactie van zuurstof in zuur milieu (Binas 48).

26 De grondstoffen voor dit proces worden uit de grond en uit de lucht gehaald. Er ontstaat zuurstof.

27 De elektrode waaraan elektronen worden afgegeven, krijgt een negatieve lading.

28 Noteer de halfreacties. Denk om het kloppend maken van de elektronen.

29 Ionen gaan altijd door de vloeistof. Denk aan de aantrekking van positieve en negatieve lading.

30 Bereken het aantal mol glucose en het aantal mol elektronen bij de omzetting.

32 Gevraagd wordt de reactievergelijking voor de ontleding van water.

33 Er staan drie aanwijzingen in de tekst.

35 Zie regel 26.

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij hoofdstuk 4

Wegwerpaansteker

1 $2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 10\ H_2O$
Bij volledige verbranding van een koolwaterstof ontstaan altijd CO_2 en H_2O.

2 40 vlammetjes verbruiken 0,15 g butaan.

Per vlammetje is dat $\frac{0{,}15}{40} = 3{,}75 \cdot 10^{-3}$ g butaan

De molaire massa van butaan is $4 \cdot 12{,}01 + 10 \cdot 1{,}008 = 58{,}12$ g mol^{-1} (Binas 99).

$3{,}75 \cdot 10^{-3}$ g butaan komt overeen met $\frac{3{,}75 \cdot 10^{-3}\ \text{g}}{58{,}12\ \text{g mol}^{-1}} = 6{,}45 \cdot 10^{-5}$ mol.

De verbrandingswarmte van butaan is $2{,}9 \cdot 10^{6}$ J mol^{-1}.
Bij de verbranding van $6{,}45 \cdot 10^{-5}$ mol butaan komt dus vrij:
$6{,}45 \cdot 10^{-5}$ mol $\cdot\ 2{,}9 \cdot 10^{6}$ J mol^{-1} $= 1{,}9 \cdot 10^{2}$ J (2 significante cijfers)

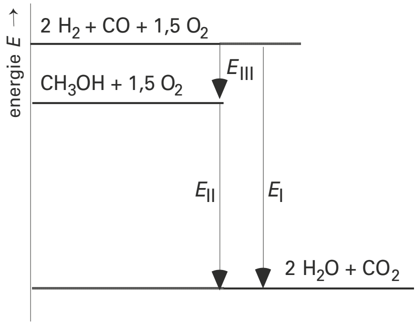
3 Een gele (roetende) vlam wijst op onvolledige verbranding. Hierbij komt minder warmte vrij dan bij volledige verbranding (aangenomen bij de berekening).

Synthesegas

4 De reactiewarmte van de reactie is $\Delta E = \sum E_{\text{vorming reactieproducten}} - \sum E_{\text{vorming beginstoffen}} =$
$E_{\text{vorming methanol}} - E_{\text{vorming waterstof}} - E_{\text{vorming koolstofmono-oxide}}$
$= -2{,}39 \cdot 10^{5} - 0 - 2 \cdot -1{,}105 \cdot 10^{5} = -1{,}29 \cdot 10^{5}$ J. De reactiewarmte is negatief.
Dat betekent dat er energie vrijkomt bij de reactie. De reactie is dus exotherm.
In Binas 57B staat alleen de vormingswarmte voor vloeibaar methanol. Strikt genomen komt de berekende warmte pas helemaal vrij, als de ontstane methanoldamp condenseert.

5 Bij verbranding van synthesegas reageert H_2 tot H_2O en CO tot CO_2:
$2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$ en $2\ CO + O_2 \rightarrow 2\ CO_2$
CH_3OH geeft bij verbranding (zoals elke verbinding die C en H bevat) de oxiden van die atoomsoorten: $2\ CH_3OH + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 4\ H_2O$

6 Bij de omzetting van synthesegas in methanol komt energie vrij (zie onderdeel 4). Het synthesegas had dus een hogere (chemische) energie dan de ontstane methanol.
Bij verbranding leveren synthesegas en methanol evenveel van dezelfde producten (zie onderdeel 5), dus eindproducten met dezelfde energie.
Bij reactie I vanuit synthesegas zal dan meer energie vrijkomen dan bij reactie II vanuit methanol (met lager energieniveau dan synthesegas).



In het energiediagram hierboven zijn de chemische energieën van de beginstoffen en de reactieproducten aangegeven, uitgaande van 1 mol CH_3OH. De hoogteverschillen hiertussen zijn een maat voor de energie-effecten van de reacties I, II en III (de reactie van synthesegas tot methanol). Het energiediagram behoort niet tot het gevraagde antwoord, maar is slechts een hulpmiddel.

© ThiemeMeulenhoff

Papieren lithiumbatterij

7 *Mogelijke antwoorden:*
A is de negatieve elektrode, omdat
- aan deze elektrode de elektronen uit de halfreactie worden opgenomen.
- lithium een reductor is en een reductor vormt altijd de negatieve elektrode.

8 *Mogelijke antwoorden:*
- De ionen in het opgeloste zout kunnen bewegen.
- De Li^+ ionen bewegen (van A naar B).

Voor stroomgeleiding zijn geladen deeltjes nodig die zich vrij kunnen bewegen.
In de zoutoplossing waarmee het papier doordrenkt is, komen deze losse ionen voor.

9 $6\ C + 2\ Li^+ + 2\ e^- \rightarrow C_6Li_2$
Maak de lading kloppend met elektronen.

10 De massa van 1 mol koolstofatomen is 12,01 gram (Binas 99).
210 mg C is $210 \cdot 10^{-3}\ g = \frac{210 \cdot 10^{-3}\ g}{12{,}01\ g\ mol^{-1}} = 1{,}749 \cdot 10^{-2}$ mol koolstof.
Volgens de vergelijking van de halfreactie (uitwerking 9) wordt voor elke 3 mol C 1 mol elektronen getransporteerd.
Door een batterij met 210 mg koolstof kunnen dus maximaal $\frac{1}{3} \cdot 1{,}749 \cdot 10^{-2}$ mol = $5{,}83 \cdot 10^{-3}$ mol elektronen stromen.

11 De nanobuisjes kunnen de Li atomen weer loslaten als Li^+ en deze lithiumionen kunnen worden omgezet in Li atomen aan de lithiumelektrode. Hierdoor wordt de oorspronkelijke situatie hersteld.

LPG

12 *Mogelijke antwoorden:*
- Bij destilleren veranderen de stoffen niet, bij kraken wel.
- Destilleren is geen reactie, kraken wel.
- Destilleren is een scheidingsmethode, kraken niet.
- Bij destilleren veranderen de moleculen niet, bij kraken gaan ze kapot.
- Bij kraken kun je een katalysator gebruiken, bij destilleren niet.
- Destilleren is een natuurkundig proces, kraken een scheikundig proces.

13 $2\ C_4H_{10} + 2\ C_3H_8 + 23\ O_2 \rightarrow 14\ CO_2 + 18\ H_2O$

14 $CH_3 - CH_2 - CH_3$ $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ $CH_3 - CH(CH_3) - CH_3$

15 Door snel verdampen kan de vloeistof bevriezing veroorzaken. Blijkbaar wordt warmte onttrokken aan je huid (lichaam). Verdampen is dus een endotherm proces.

16 Propaan heeft een lager kookpunt dan butaan, dus 's winters zal het massa-percentage propaan groter zijn.
Propaan bestaat uit kleinere moleculen, met zwakkere molecuulbindingen, dus propaan zal een lager kookpunt hebben dan butaan. Het kookpunt van butaan (273 K) is gelijk aan 0 °C. Bij vorst zal butaan dus vloeibaar blijven.

© ThiemeMeulenhoff

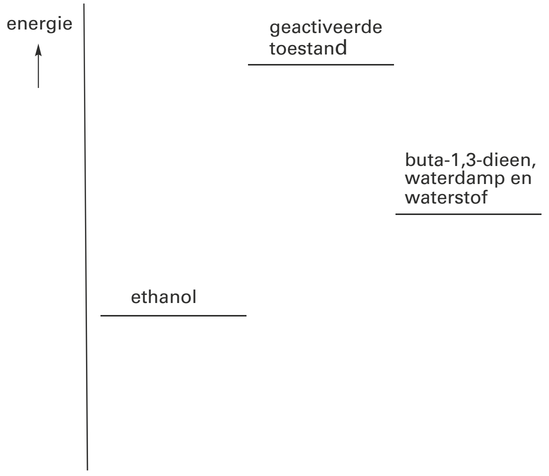
17 De explosiegrenzen voor LPG in lucht zijn: 1,5 - 10 volume%.
1,5% van 45 m^3 komt overeen met $0{,}015 \cdot 45 = 0{,}675\ m^3$ = 675 L gas.
Als vloeistof neemt het een 270 keer zo klein volume in (zie tekst 2), dus:
een volume in van $\frac{675\ L}{270}$ = 2,5 liter (2 significante cijfers).

Bereiding van buta-1,3-dieen

18 De reactiewarmte van de reactie is $\Delta E = \Sigma E_{vorming\ reactieproducten} - \Sigma E_{vorming\ beginstoffen} = E_{vorming\ buta\text{-}1,3\text{-}dieen} + E_{vorming\ waterdamp} + E_{vorming\ waterstof} - E_{vorming\ ethanol} =$
$= +1{,}10 \cdot 10^5 + 2 \cdot -2{,}42 \cdot 10^5 + 0 - 2 \cdot -2{,}78 \cdot 10^5 = +1{,}82 \cdot 10^5$ J per mol buta-1,3-dieen.

19 Een positieve waarde van vormingswarmte of reactiewarmte (zie onderdeel 18) betekent dat er energie nodig is. De reactie is dus endotherm.

20 *Het energieniveau van ethanol moet het laagst liggen; de geactiveerde toestand heeft (altijd) de hoogste energie:*



De producten hebben een hoger energieniveau dan de beginstof, want het is een endotherme reactie.

21 *Twee mogelijke antwoorden:*
- Het energieniveau van de geactiveerde toestand komt (veel) hoger te liggen.
- De activeringsenergie, de hoogte van de geactiveerde toestand, ten opzichte van de begintoestand, wordt groter.

Zonder een katalysator gaat de reactie veel moeilijker of helemaal niet, doordat de geactiveerde toestand moeilijk of helemaal niet wordt bereikt.

© ThiemeMeulenhoff

Batterij

22 In MnO(OH) komen O^{2-} en OH^- ionen voor. Om een neutraal zout te krijgen, moet het mangaanion een lading 3+ hebben.

23 $MnO_2 + NH_4^+ + e^- \rightarrow MnO(OH) + NH_3$
De elektronen die bij deze reactie worden opgenomen, worden onttrokken aan de koolstofstaaf. Deze wordt hierdoor de positieve pool van de batterij.
In mangaan(IV)oxide is de lading van het mangaanion 4+. Het Mn^{4+} ion uit MnO_2 gaat dus over in een Mn^{3+} ion van MnO(OH) (zie onderdeel 22) en neemt dus een elektron op.
De ammoniak die bij deze redoxreactie ontstaat, is afkomstig van de aanwezige ammoniumionen (zie opgave).

Microbrandstofcel

24 Elektrode A is de negatieve pool van de brandstofcel, want
- methanol is een reductor die elektronen afstaat.
- er is op de elektrode een elektronenoverschot.
- er komen elektronen vrij bij de halfreactie.

Geef één van deze drie antwoorden.

25
halfreactie reductor (2x): $2\ CH_3OH + 2\ H_2O \rightarrow 2\ CO_2 + 12\ H^+ + 12\ e^-$
halfreactie oxidator (3x): $3\ O_2 + 12\ H^+ + 12\ e^- \rightarrow 6\ H_2O$

opgeteld (zonder e^-): $2\ CH_3OH + 2\ H_2O + 3\ O_2 + 12\ H^+ \rightarrow 2\ CO_2 + 12\ H^+ + 6\ H_2O$
redoxreactie: $2\ CH_3OH + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 4\ H_2O$
Gebruik de halfreactie van zuurstof in zuur milieu (met H^+).

Suikerbatterij

26 proces: fotosynthese, of koolstofassimilatie
stoffen: water en koolstofdioxide

27 Bij de gegeven omzetting van glucose komen elektronen vrij. Deze elektronen worden afgestaan aan elektrode A. Elektrode A is daardoor de negatieve elektrode.

28
halfreactie reductor (2x): $2\ C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_6H_{10}O_6 + 4\ H^+ + 4\ e^-$ (zie opgave)
halfreactie oxidator: $O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O$

opgeteld (zonder e^-): $2\ C_6H_{12}O_6 + O_2 + 4\ H^+ \rightarrow 2\ C_6H_{10}O_6 + 4\ H^+ + 2\ H_2O$
totale redoxreactie: $2\ C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 2\ C_6H_{10}O_6 + 2\ H_2O$

29 De H^+ ionen ontstaan bij elektrode A en reageren bij elektrode B (met zuurstof). Ze zullen zich dus van elektrode A naar elektrode B verplaatsen.

30 20 mL of $20 \cdot 10^{-3}$ L glucose-oplossing van 0,40 M bevat $20 \cdot 10^{-3}$ L $\cdot$ 0,40 mol L^{-1} = = $8{,}00 \cdot 10^{-3}$ mol glucose.
Bij de omzetting hiervan komt vrij $2 \cdot 8{,}00 \cdot 10^{-3} = 16{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol elektronen (zie opgave).
De bluetooth speaker gebruikt per uur $2{,}3 \cdot 10^{-3}$ mol elektronen (gegeven).
De speelduur bedraagt $\dfrac{16{,}0 \cdot 10^{-3}\text{ mol}}{2{,}3 \cdot 10^{-3}\text{ mol/uur}}$ = 7,0 uur (2 significante cijfers).

© ThiemeMeulenhoff

Fotokatalyse

31 *Mogelijke antwoorden (noem er twee):*
- Bij verbranding van waterstof ontstaan geen broeikasgassen (r.10).
- Bij verbranding van waterstof ontstaan geen roetachtige stoffen (r.10).
- Bij verbranding van waterstof ontstaan geen schadelijke uitlaatgassen (r.13).
- Waterstof raakt niet op (r. 11).
- Bij verbranding van waterstof ontstaat water.

32 $2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2$
Water wordt 'afgebroken' tot waterstof en zuurstof.

33 *Mogelijke antwoorden:*
- In de tekst staat: 'je kunt water ontleden met elektrische stroom', dus de ontleding van water is een endotherm proces.
- In de tekst staat: 'ze hebben een stof ontwikkeld die zonlicht gebruikt om water af te breken', dus de ontleding van water is een endotherm proces.
- In de tekst staat: 'meer dan 99% van de lichtenergie gaat verloren in plaats van dat het gebruikt wordt voor het splitsen van water', dus de ontleding van water is een endotherm proces.

34 Conventionele elektriciteitscentrales gebruiken fossiele brandstoffen, zoals (noem er één):
- steenkool
- aardolie
- aardgas

Bij verbranding hiervan kunnen meerdere milieuvervuilende stoffen ontstaan, zoals (noem er één):
- broeikasgassen
- roetachtige stoffen
- koolstofmono-oxide
- koolstofdioxide
- stikstofoxiden
- roet
- zwaveldioxide

Bij verbranding van fossiele brandstoffen komen een aantal ongewenste stoffen, zoals broeikasgassen en roetachtige stoffen, in het milieu (regel 8 t/m 10 van tekst 1).

35 Het energierendement is kleiner dan 1%, want in de tekst staat dat meer dan 99% van de lichtenergie verloren gaat (regel 26).

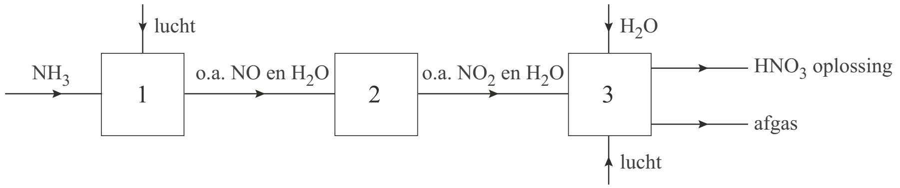
36 *Mogelijke antwoorden:*
- Als je de katalysator poreus maakt of vermaalt tot kleinere deeltjes wordt het oppervlak groter.
- Er vinden dan meer botsingen plaats, dus een snellere reactie.
- Er kan meer licht op vallen.

© ThiemeMeulenhoff

5 Chemische industrie en milieu

Salpeterzuur

Salpeterzuur (HNO_3) is een grondstof voor onder meer kunstmest, kleurstoffen, geneesmiddelen en springstoffen. Salpeterzuur wordt vaak geproduceerd via het zogenoemde Ostwaldproces. Dit proces is weergegeven in onderstaand blokschema.



In reactor 1 wordt ammoniak onder invloed van een platina katalysator verbrand tot stikstofmono-oxide en water(damp). De temperatuur in reactor 1 wordt op ongeveer 900 °C gehouden.
In reactor 2 wordt het gasmengsel dat uit reactor 1 komt, gekoeld tot ca. 40 °C. Daardoor vindt de volgende reactie plaats:

$$2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$$

1 Leg uit dat uit de bovenstaande beschrijving van het Ostwaldproces blijkt dat zuurstof in overmaat aanwezig was in reactor 1.

In reactor 3 wordt NO_2 in een reactie met water en zuurstof omgezet tot een oplossing van salpeterzuur (ongeveer 60 massa%).

2 Geef de vergelijking van de vorming van de salpeterzuuroplossing in reactor 3. Geef de oplossing van salpeterzuur (vereenvoudigd) weer als HNO_3.

Uit reactor 3 komt ook een gasstroom (het zogenoemde afgas) die behalve uit een hoofdbestanddeel, bestaat uit kleinere hoeveelheden van een aantal schadelijke gassen die in het productieproces door nevenreacties zijn ontstaan.

3 Geef de naam van het hoofdbestanddeel van het afgas dat uit reactor 3 komt. Licht je antwoord toe.

Een bepaalde salpeterzuurfabriek produceert per jaar $1{,}3 \cdot 10^6$ ton HNO_3 (1 ton = $1 \cdot 10^3$ kg). Bij dit productieproces kan in theorie per mol ingevoerd NH_3 één mol HNO_3 worden geproduceerd. Het rendement van de vorming van HNO_3 uit NH_3 is voor deze fabriek 95%.

4 Bereken hoeveel ton NH_3 nodig is voor de jaarproductie van deze fabriek.

Bij de productie van salpeterzuur uit ammoniak en zuurstof wordt ook water gevormd.

5 Bereken de E-factor van de totaalreactie.

© ThiemeMeulenhoff

Tri

Tri is de verkorte naam van trichlooretheen (C_2HCl_3). Tri is een verbinding die veel wordt gebruikt bij het chemisch reinigen in een zogenoemde stomerij. Tri kan op verschillende manieren worden geproduceerd. Bij één daarvan maakt men gebruik van twee reactoren.
In de eerste reactor laat men ethyn (C_2H_2) reageren met chloor. Daarbij treedt de volgende reactie op:

$$C_2H_2 + 2\ Cl_2 \rightarrow C_2H_2Cl_4 \qquad \text{(reactie 1)}$$

Onder normale omstandigheden is de reactiesnelheid tussen ethyn en chloor zo hoog, dat een explosie ontstaat. Om dit te voorkomen, heeft men de omstandigheden in de reactor aangepast.

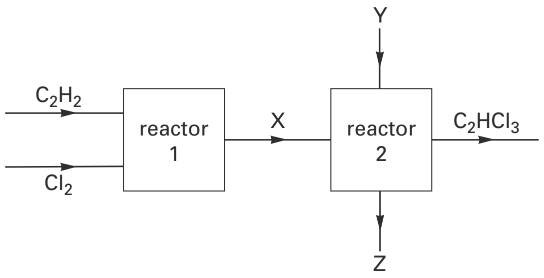
6 Noem een aanpassing in de omstandigheden in de reactor die helpt om een explosieve reactie te voorkomen. Leg aan de hand van het botsende-deeltjesmodel uit waarom deze aanpassing geschikt is.

De verbinding die in de eerste reactor is gevormd, wordt in een tweede reactor geleid. In deze reactor wordt ook calciumhydroxide geleid.
Bij een temperatuur van 300 °C treden in de tweede reactor achtereenvolgens twee reacties op:

$$C_2H_2Cl_4 \rightarrow HCl + C_2HCl_3 \qquad \text{(reactie 2)}$$

$$Ca(OH)_2 + 2\ HCl \rightarrow 2\ H_2O + CaCl_2 \qquad \text{(reactie 3)}$$

De hierboven beschreven bereiding van tri kan in een blokschema worden weergegeven:



In dit blokschema ontbreken de formules van een aantal stoffen die wel in de beschrijving zijn genoemd.

7 Geef de formules van de stoffen die bij de letters X, Y en Z moeten worden vermeld. Het is mogelijk dat er bij een letter meer dan één formule moet worden vermeld. Noteer je antwoord als volgt:
bij X: ...
bij Y: ...
bij Z: ...

© ThiemeMeulenhoff

Het totale productieproces van tri kan in één reactievergelijking worden weergegeven. Hieronder zijn alle formules in de vergelijking gegeven, maar de coëfficiënten zijn weggelaten:

$Ca(OH)_2 + C_2H_2 + Cl_2 \rightarrow CaCl_2 + C_2HCl_3 + H_2O$

8 Geef de reactievergelijking van het totale productieproces van tri. Neem daartoe de bovenstaande vergelijking over en vul daarin de juiste coëfficiënten in.

9 Bereken hoeveel kg calciumhydroxide minimaal nodig is voor de productie van 1,0 kg tri volgens dit productieproces.

Waterstofproductie

Waterstof (H_2) wordt door sommigen gezien als de ideale energieleverende stof van de toekomst. Bij de verbranding van waterstof ontstaan geen milieuvervuilende stoffen.

Een bekende manier om waterstof te maken, is de elektrolyse van aangezuurd water. In verschillende onderzoeksgroepen is men op zoek naar andere methoden om waterstof te produceren. In de onderstaande tekst staat zo'n methode beschreven.

DUURZAME ENERGIE – TNO haalt waterstof uit biomassa

TNO heeft samen met zeven andere organisaties een methode ontwikkeld om waterstof uit biomassa te produceren. Het proces bestaat uit twee reacties. In de eerste reactor zetten warmteminnende micro-organismen koolhydraten om in waterstof, koolstofdioxide en organische zuren. Zij doen hun werk in water van 70 °C en bij lage druk. De gevormde waterstof en koolstofdioxide kunnen continu worden afgevoerd, zodat de activiteit van de micro-organismen niet wordt geremd. In de tweede reactor gebruiken andere micro-organismen licht om de zuren uit de eerste reactor om te zetten in H_2 en CO_2. Samen zorgen de beide stappen ervoor dat alleen maar waterstof en koolstofdioxide overblijven van de toegevoerde koolhydraten. Waterstof en koolstofdioxide kunnen vervolgens op eenvoudige wijze van elkaar gescheiden worden.

naar: De Ingenieur

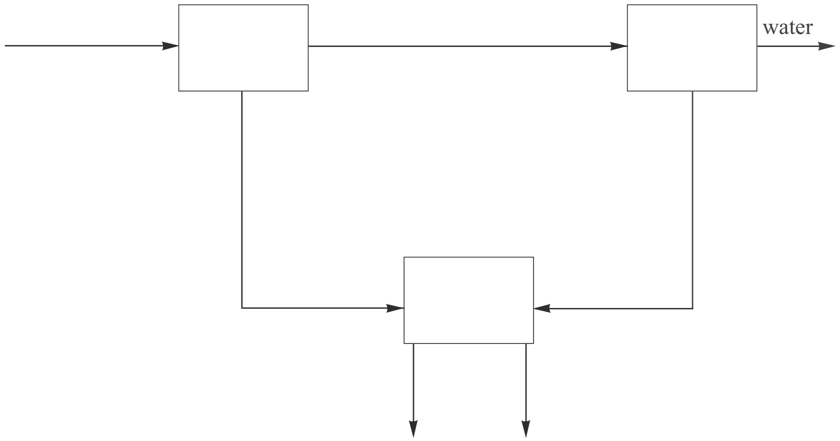
Op de bijlage staat de aanzet voor een blokschema waarmee de in de tekst beschreven methode om zuivere waterstof uit koolhydraten te verkrijgen, vereenvoudigd kan worden weergegeven. Het schema bestaat uit drie blokken: twee reactoren en een scheidingsruimte. De stofstromen zijn met pijlen aangegeven.

10 Vul het blokschema in de bijlage aan. Geef elk blok de juiste naam (reactor 1, reactor 2 of scheidingsruimte). Vermeld ook bij elke pijl de betreffende stof(fen):
- koolstofdioxide;
- (opgeloste) koolhydraten;
- (opgeloste organische) zuren;
- waterstof.

Let op: sommige stofnamen moeten meer dan één keer worden gebruikt.

© ThiemeMeulenhoff

bijlage bij vraag 10



Om het mengsel van koolstofdioxide en waterstof te scheiden, zou men het door een basische oplossing kunnen leiden. Uit het blokschema dat in de bijlage staat, is af te leiden dat dit in dit proces kennelijk niet gebeurt.

11 Geef aan hoe dit uit het blokschema blijkt.

12 Beschrijf een andere manier om een mengsel van koolstofdioxide en waterstof te scheiden. Geef in je beschrijving ook aan van welk verschil in eigenschappen je gebruikmaakt.

Het totale productieproces dat in het tekstfragment is beschreven, kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:

$C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O \rightarrow 6\ CO_2 + 12\ H_2$

Een bepaald type auto gebruikt waterstof als brandstof. Zo'n auto kan op 1,0 kg waterstof 110 km afleggen en heeft in de praktijk een actieradius van 300 km.

13 Bereken hoeveel kg glucose nodig is voor de productie van de hoeveelheid waterstof die nodig is om met zo'n auto 300 km af te leggen.

14 Geef twee redenen waarom de productie van waterstof als energieleverende stof volgens de methode uit het tekstfragment duurzaam kan worden genoemd en de productie via elektrolyse niet.

15 Bereken de atoomeconomie van de productie van waterstof door TNO.

16 Aan welke drie uitgangspunten van de groene chemie voldoet de waterstofproductie van TNO in elk geval? En aan welke twee uitgangspunten zeker niet?
Gebruik hierbij Binas 97F en geef je antwoord als volgt:
Voldoet aan de uitgangspunten: ... *noem drie cijfers* ...
Voldoet niet aan de uitgangspunten: ... *noem twee cijfers* ...
Een toelichting is niet nodig.

© ThiemeMeulenhoff

Titaanwit

De kleurstof die tegenwoordig in witte verf het meest wordt toegepast, is TiO_2, een witte vaste stof. De grondstof voor de industriële bereiding van TiO_2 is $FeTiO_3$.
Voor de productie van TiO_2 uit $FeTiO_3$ zijn twee processen bekend: het sulfaatproces en het chlorideproces.
Bij het sulfaatproces laat men $FeTiO_3$ reageren met zwavelzuur. Deze reactie kan worden weergegeven met de volgende vergelijking:

$$FeTiO_3 + 2\,H^+ \rightarrow TiO_2 + Fe^{2+} + H_2O$$

Een nadeel van het sulfaatproces is dat een grote hoeveelheid afvalzuur ontstaat, doordat een overmaat zwavelzuur wordt gebruikt. Per ton $FeTiO_3$ wordt $6{,}8 \cdot 10^3$ mol zwavelzuur toegevoegd (1,0 ton = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg).

17 Bereken hoeveel mol zwavelzuur overblijft per ton omgezet $FeTiO_3$.

Omdat bij het sulfaatproces zoveel afval ontstaat, heeft men het chlorideproces ontwikkeld. Het chlorideproces bestaat uit twee stappen. In de eerste stap laat men $FeTiO_3$ reageren met chloorgas en koolstof. De vergelijking van de reactie bij deze eerste stap is hieronder onvolledig weergegeven. Alleen de coëfficiënten ontbreken.

$$\ldots\ FeTiO_3 + \ldots\ Cl_2 + \ldots\ C \rightarrow \ldots\ TiCl_4 + \ldots\ FeCl_3 + \ldots\ CO_2 \qquad \text{(reactie 1)}$$

Bij deze reactie ontstaat een suspensie van vast $FeCl_3$ en vloeibaar $TiCl_4$.
Het $FeCl_3$ wordt door filtratie uit deze suspensie verwijderd. Het filtraat, dat voornamelijk uit $TiCl_4$ bestaat, wordt door destillatie gezuiverd. Vervolgens laat men het zuivere $TiCl_4$ in de tweede stap van het chlorideproces reageren met zuurstof:

$$TiCl_4 + O_2 \rightarrow TiO_2 + 2\,Cl_2 \qquad \text{(reactie 2)}$$

Het chloorgas dat bij reactie 2 vrijkomt, wordt opnieuw gebruikt in reactie 1.
Bij reactie 2 komt minder chloorgas vrij dan bij reactie 1 nodig is. Daarom moet bij het chlorideproces voortdurend vanuit een opslagtank chloorgas worden toegevoerd.

18 Neem de vergelijking van reactie 1 over en vul de juiste coëfficiënten in.

19 Leg uit hoeveel mol chloorgas per mol TiO_2 vanuit een opslagtank moet worden toegevoerd. Neem hierbij aan dat het residu van de destillatie geen chloorverbindingen bevat en dat al het chloor dat bij reactie 2 vrijkomt in reactie 1 wordt hergebruikt.

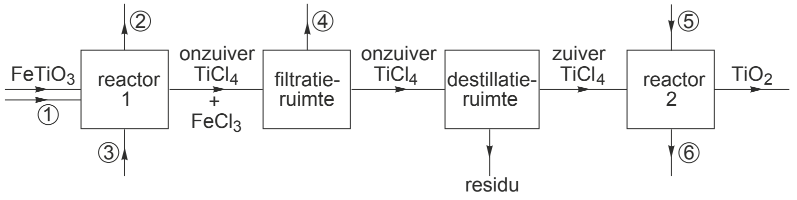
Het chlorideproces kan in een blokschema worden weergegeven. In de bijlage is een onvolledig blokschema getekend. In reactor 1 vindt reactie 1 plaats en in reactor 2 vindt reactie 2 plaats. Alle stofstromen waarin titaanverbindingen voorkomen, zijn weergegeven met pijlen. Er zijn ook andere stofstromen getekend en deze zijn genummerd. De terugvoer van chloor ontbreekt nog.

20 Welke formules moeten bij de stofstromen 1 tot en met 6 staan?
Noteer de nummers van de stofstromen en schrijf achter elk nummer de bijbehorende formule.

21 Maak het blokschema in de bijlage compleet door de terugvoer van Cl_2 te tekenen.

© ThiemeMeulenhoff

bijlage bij de vragen 20 en 21



'Groen' piepschuim

Piepschuim wordt onder andere gebruikt als verpakkingsmateriaal. Het is opgebouwd uit aan elkaar gekleefde bolletjes van een polymeer. Bij het maken van dit verpakkingsmateriaal worden de polymeerkorrels eerst in een reactor verwarmd terwijl een gas wordt doorgeblazen. De korrels schuimen dan op tot bolletjes. Het gas in deze piepschuimbolletjes wordt vanzelf vervangen door lucht. Vervolgens worden de bolletjes in een mal gebracht en opnieuw verwarmd. De bolletjes kleven dan aan elkaar tot het gewenste verpakkingsmateriaal.

Het is efficiënter om het polymeer in de vorm van korrels te vervoeren dan in de vorm van piepschuimbolletjes. Om een bepaalde massa in de vorm van piepschuimbolletjes te vervoeren, zijn veel meer vrachtwagens nodig, dan wanneer die massa in de vorm van polymeerkorrels wordt vervoerd. Een vrachtwagen kan maximaal 46 ton polymeerkorrels vervoeren.

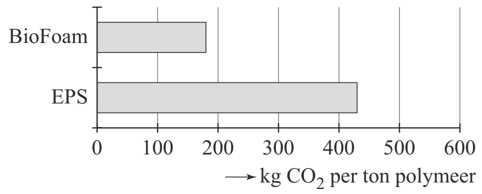
22 Bereken hoeveel vrachtwagens nodig zijn voor het vervoer van 46 ton piepschuimbolletjes. Neem aan dat de laadruimte van een vrachtwagen 100 m^3 is. Ga verder uit van de volgende gegevens:
- de dichtheid van de polymeerkorrels is $1{,}06 \cdot 10^3$ kg m^{-3};
- de dichtheid van de piepschuimbolletjes is 22,5 kg m^{-3};
- een ton is 1000 kg.

In het verleden werd alle piepschuim gemaakt van polystyreen. Deze soort piepschuim wordt vaak aangeduid met de afkorting EPS. Polystyreen wordt gevormd door additiepolymerisatie van styreen. Deze polymerisatie is een endotherme reactie. Bij de omzetting van de polystyreenkorrels tot piepschuimbolletjes wordt pentaan gebruikt, dat wordt verhit. Styreen en pentaan worden beide uit aardolie verkregen.

Sinds 2009 is een nieuw soort piepschuim ontwikkeld: BioFoam®. BioFoam® bestaat uit polymelkzuur, de polyester van melkzuur. De vorming van polymelkzuur is een exotherme reactie. Het melkzuur dat wordt gebruikt voor de productie van BioFoam®, wordt verkregen door vergisting van suikers en zetmeel uit bijvoorbeeld suikerriet en maïs. Bij de omzetting van polymelkzuurkorrels tot piepschuimbolletjes wordt koolstofdioxide gebruikt dat wordt gewonnen uit de rookgassen van energiecentrales.

© ThiemeMeulenhoff

BioFoam® wordt wel 'groen' piepschuim genoemd. Eén van de redenen daarvoor is dat de netto hoeveelheid CO_2 die bij de productie van een ton BioFoam® wordt uitgestoten aanzienlijk minder is dan bij de productie van een ton EPS.
Zie onderstaande grafiek.



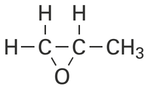
Een aantal factoren is van invloed op de netto CO_2 uitstoot tijdens de productie. Eén ervan is het warmte-effect van de polymerisatiereactie.

23 Leg uit of, met betrekking tot de hoogte van de netto CO_2 uitstoot, het warmte-effect van de polymerisatiereacties in het voordeel of in het nadeel is van BioFoam® in vergelijking met EPS.

24 Leg uit of het verschil in grondstoffen ertoe bijdraagt dat de netto CO_2 uitstoot per ton polymeer voor BioFoam® lager is dan voor EPS.

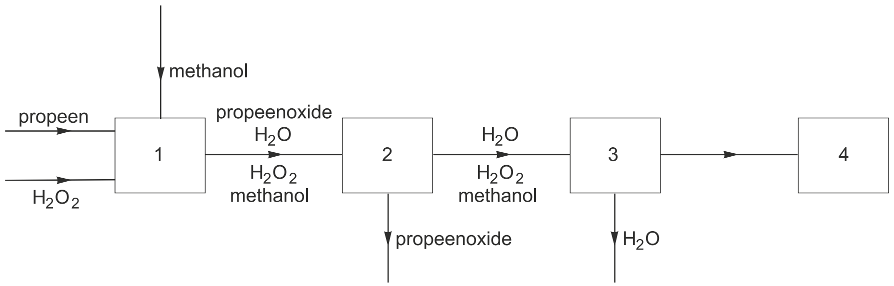
Propeenoxide

Propeenoxide is een belangrijke grondstof voor onder andere de productie van een aantal kunststoffen. Propeenoxide is een koolstofverbinding met de volgende structuurformule.



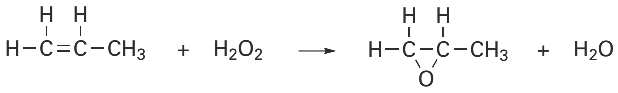
Er bestaan verschillende isomeren van propeenoxide.
25 Geef de structuurformule van een isomeer van propeenoxide die behoort tot de onverzadigde verbindingen en ook tot de alcoholen.

Hieronder is een gedeelte van het blokschema weergegeven van een nieuw ontwikkeld proces om op industriële schaal propeenoxide te produceren.
Vanaf ruimte 3 is dit blokschema onvolledig weergegeven.



In ruimte 1 reageert propeen met waterstofperoxide, waarbij methanol als oplosmiddel wordt gebruikt. Deze reactie verloopt in aanwezigheid van een katalysator.

Waterstofperoxide wordt in overmaat in ruimte 1 ingevoerd zodat alle propeen wordt omgezet. Hieronder is de vergelijking weergegeven van de reactie die in ruimte 1 plaatsvindt.



In een fabriek reageert bij het bovenbeschreven productieproces 90 procent van het toegevoerde waterstofperoxide in ruimte 1. De overige 10 procent van het waterstofperoxide reageert in ruimte 3. Hierbij ontstaat geen propeenoxide.
26 Bereken hoeveel ton waterstofperoxide ten minste nodig is voor de jaarproductie van $3{,}0 \cdot 10^5$ ton ($1{,}0$ ton = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg) propeenoxide volgens het bovenbeschreven proces.

Uit het mengsel dat in ruimte 1 ontstaat, wordt via een eerste destillatie, in ruimte 2, propeenoxide afgescheiden. Tijdens een tweede destillatie, in ruimte 3, zijn de omstandigheden zodanig dat er ook twee reacties plaatsvinden. Eerst reageert het overgebleven waterstofperoxide met een deel van de methanol. Bij deze redoxreactie ontstaan water en methaanzuur. De halfreactie van de reductor is hieronder gedeeltelijk weergegeven:

$$CH_3OH + H_2O \rightarrow HCOOH + H^+$$

In de vergelijking van deze halfreactie zijn e^- en de coëfficiënten weggelaten.
27 Neem de vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

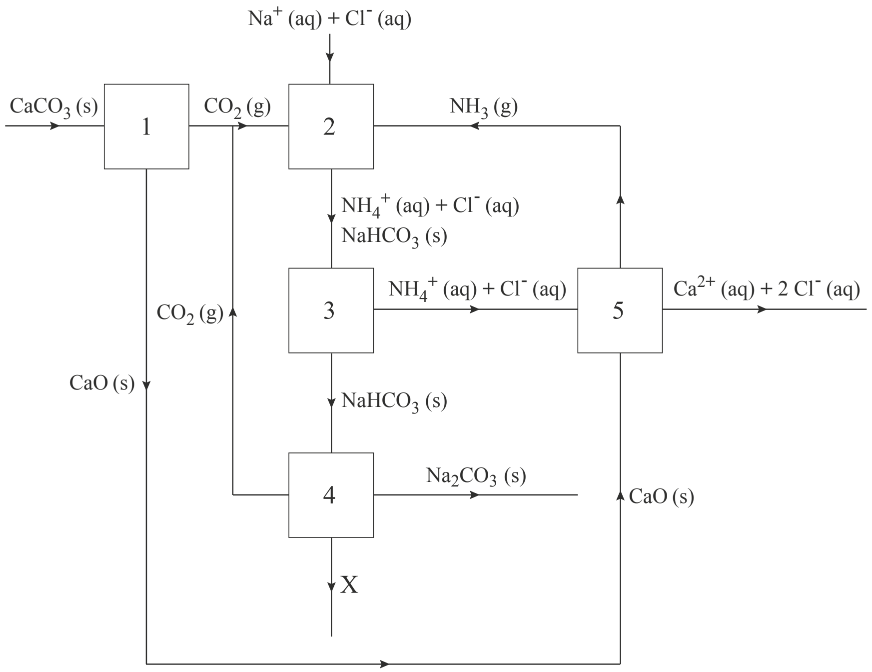
Na de eerste reactie reageert het gevormde methaanzuur in ruimte 3 met een deel van de methanol tot een ester.
28 Geef de structuurformule van deze ester.

In ruimte 3 wordt water afgescheiden van het mengsel van methanol en de gevormde ester. In een laatste destillatie worden methanol en de ester van elkaar gescheiden. De ester wordt afgevoerd en de methanol wordt opnieuw gebruikt in het productieproces. Hoewel de methanol opnieuw wordt gebruikt, moet toch voortdurend nieuwe methanol worden toegevoerd.
29 Geef aan waarom voortdurend nieuwe methanol aan het productieproces moet worden toegevoerd.

De destillatie van het mengsel van methanol en de ester vindt plaats in ruimte 4.
Het blokschema op de vorige bladzijde is nog niet compleet.
30 Geef in het blokschema de ontbrekende stofstromen weer door het tekenen van lijnen met pijlen. Zet bij de stofstroom tussen ruimte 3 en 4 en bij de zelf getekende stofstromen de namen van de bijbehorende stoffen. De ester die in ruimte 3 is ontstaan, mag worden aangeduid met 'ester'.

Solvay

Een belangrijk industrieel proces is de productie van natriumcarbonaat uit kalk (voornamelijk $CaCO_3$) en een geconcentreerde natriumchloride-oplossing. Dit proces wordt het Solvay-proces genoemd. Het gevormde natriumcarbonaat wordt gebruikt bij de productie van onder andere glas, papier en zeep.
In onderstaand blokschema is het Solvay-proces weergegeven.



In ruimte 1 wordt bij een temperatuur van 1000 ºC calciumcarbonaat ontleed tot calciumoxide en koolstofdioxide. Onder deze omstandigheden worden de bindingen tussen de deeltjes in calciumoxide niet verbroken. Ook de bindingen in de koolstofdioxidemoleculen blijven bestaan.

31 Geef de naam van het bindingstype tussen de deeltjes in calciumoxide en geef de naam van het bindingstype in koolstofdioxidemoleculen.
Noteer je antwoord als volgt:
bindingstype in calciumoxide: …
bindingstype in koolstofdioxidemoleculen: …

Het gevormde koolstofdioxide wordt naar ruimte 2 gebracht. Hierin worden ook een geconcentreerde natriumchloride-oplossing en ammoniak ingevoerd. Het proces dat in ruimte 2 optreedt, kan worden weergegeven met de volgende vergelijking:

$CO_2 + H_2O + NH_3 + Na^+ \rightarrow NaHCO_3 + NH_4^+$ (reactie 1)

Het natriumwaterstofcarbonaat, $NaHCO_3$, ontstaat hierbij als vaste stof.
De vergelijking van reactie 1 kan worden beschouwd als de som van drie opeenvolgende reactiestappen.

© ThiemeMeulenhoff

De reactievergelijkingen van de eerste en de derde stap zijn:

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ (stap 1)

$Na^+ + HCO_3^- \rightarrow NaHCO_3$ (stap 3)

32 Geef de reactievergelijking van stap 2.

Het gevormde natriumwaterstofcarbonaat wordt in ruimte 3 gescheiden van de rest van het reactiemengsel.

33 Geef de naam van een scheidingsmethode die in ruimte 3 gebruikt kan worden.

34 Geef met behulp van gegevens uit het blokschema de reactievergelijking van het proces dat in ruimte 5 plaatsvindt.

In ruimte 4 wordt het natriumwaterstofcarbonaat ontleed. Hierbij ontstaan Na_2CO_3, CO_2 en een stof X.

35 Geef de formule van stof X.

Uit het blokschema is af te leiden dat alle natriumionen uit de geconcentreerde natriumchloride-oplossing uiteindelijk in het natriumcarbonaat terechtkomen.
In een fabriek wordt jaarlijks $3{,}0 \cdot 10^5$ ton natriumcarbonaat geproduceerd volgens het Solvay-proces (1,0 ton = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg). De molariteit van de natriumchloride-oplossing bedraagt 6,1 mol L^{-1}.

36 Bereken hoeveel liter 6,1 M natriumchloride-oplossing minstens nodig is voor de productie van $3{,}0 \cdot 10^5$ ton natriumcarbonaat.

Uit het blokschema blijkt dat er twee stoffen zijn die gerecycled worden.

37 Geef de formules van deze twee stoffen.

© ThiemeMeulenhoff

Hints bij hoofdstuk 5

1 Waar moet de zuurstof voor de reactie in reactor 2 vandaan komen?

2 Voor de pijl staan H_2O, NO_2 en O_2.

3 Welke stoffen kunnen bedoeld zijn met o.a. boven de pijl naar reactor 2?

4 Bereken de massa van 1 mol NH_3 en 1 mol HNO_3 of zoek ze op. Maak een verhoudingstabel. Houd rekening met het rendement.

5 Stel eerst de vergelijking op van de totaalreactie. Gebruik dan het rendement.

6 Hoe kun je het aantal effectieve botsingen verminderen?

7 X volgt uit reactie 1.

8 Maak eerst Ca, C en H kloppend, tenslotte Cl.

9 Bereken de molaire massa's van calciumhydroxide en C_2HCl_3; maak daarmee een massaverhoudingstabel of molberekening.

10 De reactoren I en II staan naast elkaar in de tekening, onderaan is scheidingsruimte III.

12 Gebruik Binas 40A en 42A.

13 Bereken hoeveel waterstof nodig is. Gebruik de molaire massa van waterstof en glucose (Binas 98). Maak een verhoudingstabel, of reken gram om in mol.

14 Welke energiebron gebruik je om waterstof te maken?

15 Gebruik Binas 37H.

16 Gebruik je antwoorden op de vragen 14 en 15.

17 Bereken de molaire massa van $FeTiO_3$ en daarmee het aantal mol $FeTiO_3$.

18 Voor $TiCl_4$ en $FeCl_3$ moet dezelfde coëfficiënt staan.

19 Vergelijk de hoeveelheden chloor die per mol $TiCl_4$ nodig zijn of vrijkomen.

20 Voor elk blok apart moeten in- en uitgaande atoomsoorten dezelfde zijn.

21 Zie vraag 19.

22 Bereken eerst het volume van 46 ton piepschuimbolletjes.

23 Kijk naar het warmte-effect van beide polymerisaties.

24 Ga uit van aardolie en planten, of styreen en melkzuur, of kijk naar het gebruikte gas.

25 De structuur moet een dubbele binding bevatten en een –OH groep.

26 Bereken de molaire massa's van propeenoxide en waterstofperoxide.

27 Maak de H atomen kloppend en maak de lading kloppend met elektronen.

28 Splits H_2O af uit alcohol en zuur(groep).

30 Geef aan hoe de methanol opnieuw gebruikt kan worden.

31 Ga na of er metaal- of niet-metaalatomen in de stof voorkomen.

32 Stappen 1 + 2 + 3 moeten samen reactie 1 opleveren.

34 Toegevoerde stoffen: van links en van onderen; afgevoerde stoffen: naar rechts en naar boven.

36 Zoek de massa van een mol Na_2CO_3 op in Binas 98.

37 Deze stoffen gaan van reactor 4 naar 2 en van reactor 5 naar 2.

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij hoofdstuk 5

Salpeterzuur

1 *Mogelijke antwoorden:*
- Er is geen pijl getekend bij reactor 2, voor de toevoeging van zuurstof of lucht.
- In reactor I ontstaat alleen NO, zonder extra zuurstof wordt dit in reactor 2 omgezet in NO_2. De benodigde zuurstof was dus al in reactor 1 aanwezig.

2 $4\ NO_2 + 2\ H_2O + O_2 \rightarrow 4\ HNO_3$
Maak eerst H kloppend ⇒ coëfficiënt 2 voor HNO_3. N kloppend maken ⇒ coëfficiënt 2 voor NO_2. O kloppend maken ⇒ coëfficiënt van O_2 is geen geheel getal ($\frac{1}{2}$). Dus alle coëfficiënten moeten nog verdubbeld worden.

3 Stikstof zal het hoofdbestanddeel van het afgas zijn. De zuurstof (20%) uit de toegevoerde lucht wordt in de reactie verbruikt. De stikstof (80%) reageert niet.
Er wordt op twee plaatsen lucht toegevoerd. In alle drie reactoren wordt zuurstof gebruikt.

4 De massa van 1 mol NH_3 is 17,031 g, die van 1 mol HNO_3 is 63,013 g (Binas 98).
Als het rendement 95% bedraagt, is voor de bereiding van 1 mol HNO_3 nodig
$\frac{1\ \text{mol}}{0{,}95} = 1{,}05\ \text{mol}\ NH_3$.
methode 1 (met massaverhouding)

reactie in mol:	1,05 mol NH_3	→	1 mol HNO_3
mol → gram:	$1{,}05 \cdot 17{,}031 = 17{,}9$ g		63,013 g
gevraagd/gegeven:	*x* ton		$1{,}3 \cdot 10^6$ ton

$x = \frac{17{,}9 \cdot 1{,}3 \cdot 10^6}{63{,}013} = 3{,}7 \cdot 10^5$. Voor de bereiding van $1{,}3 \cdot 10^6$ ton HNO_3 is dus $3{,}7 \cdot 10^5$ ton NH_3 nodig (2 significante cijfers).

methode 2 (met molberekening)
$1{,}3 \cdot 10^6$ ton HNO_3 is $1{,}3 \cdot 10^{12}$ g.
Dit is $\frac{1{,}3 \cdot 10^{12}\ \text{g}}{63{,}013\ \text{g mol}^{-1}} = 2{,}06 \cdot 10^{10}$ mol HNO_3.
Hiervoor is nodig $1{,}05 \cdot 2{,}06 \cdot 10^{10}$ mol $= 2{,}17 \cdot 10^{10}$ mol NH_3.
Dit is $2{,}17 \cdot 10^{10}$ mol $\cdot$ 17,031 g mol^{-1} $= 3{,}7 \cdot 10^{11}$ g $= 3{,}7 \cdot 10^5$ ton NH_3.
Het rendement van de omzetting kan ook aan het eind verrekend worden.

5 De vergelijking van de totaalreactie is: $NH_3 + 2\ O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$

$$\text{E-factor} = \frac{\text{massa}_{\text{beginstoffen}} - \text{massa}_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{\text{massa}_{\text{werkelijke opbrengst product}}}$$ (Binas 37H)

Het doel van de reactie is salpeterzuur produceren. De massa van 1 mol salpeterzuur is 63,013 g (Binas 98). Het rendement van de totaalreactie is 95% (gegeven). Volgens de reactievergelijking ontstaat dus $0{,}95 \cdot 63{,}013 = 59{,}9$ g methaan.
De benodigde massa van de beginstoffen is de massa van 1 mol NH_3 plus de massa van 2 mol $O_2 = 17{,}031 + 2 \cdot 2 \cdot 16{,}00 = 81{,}03$ g (Binas 98 en 99).

⇒ E-factor $= \frac{81{,}03\ \text{g} - 59{,}9\ \text{g}}{59{,}9\ \text{g}} = 0{,}35$ (2 significante cijfers).

Hoe lager de E-waarde, hoe effectiever de reactie. Hier wordt van de beginstoffen bijna driekwart omgezet in gewenst product.

© ThiemeMeulenhoff

Tri

6 De aanpassing in de reactieomstandigheden kan zijn:
verlaging van de temperatuur, of verlaging van de concentratie
Er vinden dan minder (effectieve) botsingen plaats, zodat de reactiesnelheid kleiner wordt.

7 bij X: $C_2H_2Cl_4$ (reactieproduct van reactie 1)
bij Y: $Ca(OH)_2$ (nodig bij reactie 3)
bij Z: $CaCl_2$ en H_2O (reactieproduct van reactie 3)

8 $Ca(OH)_2 + 2\ C_2H_2 + 4\ Cl_2 \rightarrow CaCl_2 + 2\ C_2HCl_3 + 2\ H_2O$

9 De massa van 1 mol $Ca(OH)_2$ is 74,093 g (Binas 98)
De massa van 1 mol C_2HCl_3 is $2 \cdot 12{,}01 + 1{,}008 + 3 \cdot 35{,}45 = 131{,}38$ g (Binas 99)
methode 1 (met massaverhouding)

reactie in mol:	1 mol $Ca(OH)_2$	$\rightarrow$	2 mol C_2HCl_3
mol $\rightarrow$ gram:	74,093 g		$2 \cdot 131{,}38 = 262{,}76$ g
gevraagd/gegeven:	*x* kg		1,0 kg

$x = \frac{74{,}093 \cdot 1{,}0}{262{,}76} = 0{,}28$ kg (2 significante cijfers) $\Rightarrow$ er is 0,28 kg $Ca(OH)_2$ nodig.

methode 2 (met molberekening)

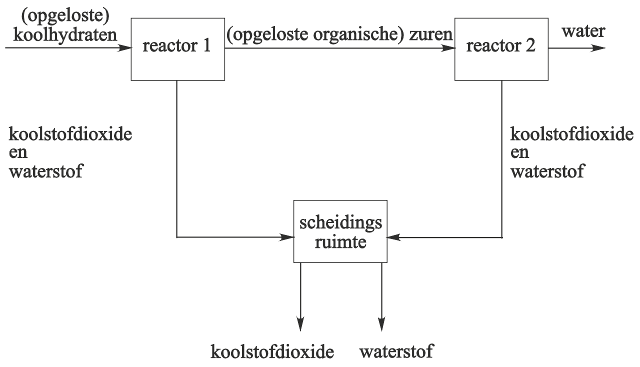
1,0 kg of $1{,}0 \cdot 10^3$ g C_2HCl_3 komt overeen met $\frac{1{,}0 \cdot 10^3\ \text{g}}{131{,}38\ \text{g mol}^{-1}} = 7{,}61$ mol C_2HCl_3.

Hiervoor was $\frac{1}{2} \cdot 7{,}61 = 3{,}81$ mol $Ca(OH)_2$ nodig (zie reactievergelijking).

Dit komt overeen met 3,81 mol $\cdot$ 74,093 g $\text{mol}^{-1} = 2{,}8 \cdot 10^2$ g = 0,28 kg $Ca(OH)_2$.

Waterstofproductie

10 *Het blokschema kan er als volgt uitzien:*



11 In het blokschema is geen pijl getekend voor de toevoeging van deze basische oplossing.

12 Door afkoelen (en samenpersen) kan van het koolstofdioxidegas vloeistof of vaste stof gemaakt worden. De waterstof blijft (boven het kookpunt) een gas dat afgevoerd kan worden.
Sublimatiepunt van CO_2 is 195 K (Binas 42A); kookpunt van H_2 is 20,3 K (Binas 40A).

© ThiemeMeulenhoff

13 Om 300 km af te kunnen leggen heeft de auto $\frac{300}{110} \cdot 1{,}0$ kg = 2,7 kg waterstof nodig.

De massa van 1 mol $C_6H_{12}O_6$ is 180,16 g (Binas 98).
De massa van 1 mol H_2 is $2 \cdot 1{,}008 = 2{,}016$ g (Binas 40A of 99).
Uit 1 mol $C_6H_{12}O_6$ ontstaat 12 mol H_2 (zie reactievergelijking in opgave).
methode 1 (met massaverhouding)

reactie in mol:	1 mol $C_6H_{12}O_6$	$\rightarrow$	12 mol H_2
mol $\rightarrow$ gram:	180,16 g		$12 \cdot 2{,}016 = 24{,}2$ g
gevraagd/gegeven:	*x* kg		2,7 kg

Hieruit volgt: $x = \frac{180{,}16 \cdot 2{,}7}{24{,}2} = 20 \Rightarrow$ voor de bereiding van 2,7 kg waterstof is nodig 20 kg glucose (2 significante cijfers).

methode 2 (met molberekening)

2,7 kg waterstof = $\frac{2{,}7 \cdot 10^3\ \text{g}}{2{,}016\ \text{g mol}^{-1}} = 1{,}34 \cdot 10^3$ mol.

Hiervoor is nodig $\frac{1}{12} \cdot 1{,}34 \cdot 10^3 = 0{,}112 \cdot 10^3$ mol glucose.

Dit komt overeen met $0{,}112 \cdot 10^3$ mol $\cdot$ 180,16 g $\text{mol}^{-1} = 20 \cdot 10^3$ g = 20 kg glucose.

14 TNO is wel duurzaam want *(één reden noemen)*
- voor de TNO-methode is zonlicht bruikbaar, dus gebruikt duurzame energie.
- in de biomassa waaruit bij de TNO-methode de waterstof wordt gemaakt, is CO_2 vastgelegd. Deze methode is ongeveer CO_2 neutraal.

Elektrolyse is niet duurzaam want *(één reden noemen)*
- voor elektrolyse is veel energie nodig. Deze energie wordt vaak opgewekt met fossiele brandstoffen, dus niet duurzaam.
- voor de elektrolyse van waterstof is evenveel (of meer) energie nodig dan vrij komt bij verbranding.

15 De formule voor de atoomeconomie is:
$\frac{\text{massa van gewenst product}}{\text{massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\%$ (Binas 37H).

De massa van 12 mol H_2 is $12 \cdot 2 \cdot 1{,}008 = 24{,}192$ g Binas 99). De massa van 1 mol $C_6H_{12}O_6$ is 180,16 g en de massa van 6 mol H_2O is $6 \cdot 18{,}015 = 108{,}09$ g (Binas 98).
De atoomeconomie is $\frac{24{,}192\ \text{g}}{180{,}16\ \text{g} + 108{,}09\ \text{g}} \cdot 100\% = 8{,}3927\%$ (praktisch afgerond 8,4%).

16 Voldoet aan de uitgangspunten: 3, 6, 7
Voldoet niet aan de uitgangspunten: 2, 8

Titaanwit

17 De molaire massa van $FeTiO_3$ is $55{,}85 + 47{,}90 + 3 \cdot 16{,}00 = 151{,}75$ g mol^{-1}.

1,0 ton $FeTiO_3$ komt overeen met $\frac{1{,}0 \cdot 10^6\ \text{g}}{151{,}75\ \text{g mol}^{-1}} = 6{,}6 \cdot 10^3$ mol.

De molverhouding $FeTiO_3 : H_2SO_4$ is 1 : 1. Voor de reactie is dus ook $6{,}6 \cdot 10^3$ mol H_2SO_4 nodig $\Rightarrow$ van de beginhoeveelheid van $6{,}8 \cdot 10^3$ mol zal $0{,}2 \cdot 10^3$ mol H_2SO_4 overblijven.

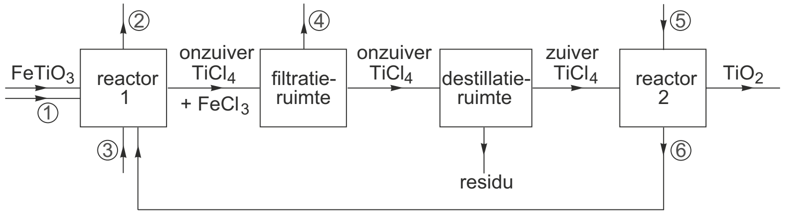
18 $2\ FeTiO_3 + 7\ Cl_2 + 3\ C \rightarrow 2\ TiCl_4 + 2\ FeCl_3 + 3\ CO_2$
Voor de pijl zijn er evenveel atomen Fe als Ti. Na de pijl komen dan 7 Cl atomen $\Rightarrow$ je moet alle coëfficiënten met 2 vermenigvuldigen.

© ThiemeMeulenhoff

19 In reactie 1 is per mol $TiCl_4$ 3,5 mol Cl_2 nodig.
Bij reactie 2 komt per mol $TiCl_4$ 2 mol Cl_2 vrij.
In totaal is dus per mol $TiCl_4$ 1,5 mol Cl_2 nodig.

20 stofstroom 1: C
stofstroom 2: CO_2
stofstroom 3: Cl_2
stofstroom 4: $FeCl_3$
stofstroom 5: O_2
stofstroom 6: Cl_2

21 *Voorbeeld van een juist ingevuld blokschema:*



'Groen' piepschuim

22 46 ton polymeerkorrels worden omgezet in 46 ton = 46 · 10^3 kg piepschuimkorrels.
Het volume van 46 · 10^3 kg piepschuimkorrels is $\frac{46 \cdot 10^3 \text{ kg}}{22{,}5 \text{ kg m}^{-3}} = 2{,}04 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.
Met een vrachtwagenvolume van 100 m^3 betekent dat $\frac{2{,}04 \cdot 10^3 \text{ m}^3}{100 \text{ m}^3} = 20{,}4$ vrachtwagen-volumes. Er zijn dus 21 vrachtwagens nodig.
Het is niet juist om de dichtheden te vergelijken en daaruit te concluderen hoeveel vrachtauto's nodig zijn. De laadruimte van 100 m^3 van de vrachtwagen hoeft nog niet vol te zijn als het maximaal toegestane gewicht van 46 ton is bereikt.

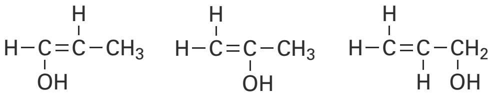
23 Gegeven is dat voor de vorming van EPS warmte nodig is en dat de vorming van polymelkzuur exotherm is.
Voor EPS is dus energie nodig, waarbij CO_2 zal vrijkomen.
De netto CO_2 uitstoot zal dus voor BioFoam® gunstiger zijn dan voor EPS.

24 *Het antwoord hangt er van af welke stoffen je als grondstof beschouwt.*
- vergelijk aardolie (waaruit styreen komt) met planten (waaruit melkzuur komt):
  De CO_2 die uit aardolie vrijkomt is daar vele eeuwen geleden in vastgelegd en komt nu vrij. De CO_2 die uit planten komt, is kort geleden nog opgeslagen en maakt dus deel uit van een duurzame cyclus.
- vergelijk styreen en melkzuur:
  Melkzuur is een product uit suikers en zetmeel, dit zijn duurzame grondstoffen, bij de vorming is CO_2 opgenomen. Piepschuim wordt gemaakt uit styreen.
  Voor de bereiding van styreen zal wel energie nodig zijn, wat dus extra CO_2 veroorzaakt.
- vergelijk het gas dat voor de bolletjes zorgt:
  Pentaan dat gebruikt wordt bij het maken van polystyreenpiepschuim, moet gemaakt worden, wat energie kost, dus vorming van CO_2.
  De koolstofdioxide die bij de vorming van polymelkzuurbolletjes wordt gebruikt, vermindert juist de CO_2 uitstoot (van de energiecentrale).

© ThiemeMeulenhoff

Propeenoxide

25 *Noem één van de onderstaande structuurformules:*



De isomeren zijn achtereenvolgens propeen-1-ol, propeen-2-ol en prop-2-een-1-ol.

26 De massa van 1 mol propeenoxide C_3H_6O is 3 · 12,01 + 6 · 1,008 + 16,00 = 58,08 g.
De massa van 1 mol H_2O_2 is 2 · 1,008 + 2 · 16,00 = 34,02 g (34,015 g in Binas 98).
Voor de vorming van 1 mol propeenoxide is 1 mol waterstofperoxide nodig.
methode 1 (met massaverhouding)

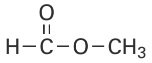
reactie in mol:	1 mol H_2O_2	→	1 mol C_3H_6O
mol → gram:	34,02 g		58,08 g
gevraagd/gegeven:	*x* ton		3,0 · 10^5 ton

Om 3,0 · 10^5 ton propeenoxide te maken is nodig $x = \frac{3{,}0 \cdot 10^5 \cdot 34{,}02}{58{,}08} = 1{,}76 \cdot 10^5$ ton waterstofperoxide.
Omdat in het proces maar 90% van de waterstofperoxide reageert, moet worden toegevoerd: $\frac{100}{90} \cdot 1{,}76 \cdot 10^5$ ton = 2,0 · 10^5 ton H_2O_2 (2 significante cijfers).
methode 2 (met molberekening)
3,0 · 10^5 ton propeenoxide is 3,0 · 10^{11} g of $\frac{3{,}0 \cdot 10^5 \text{ g}}{58{,}08 \text{ g mol}^{-1}} = 5{,}17 \cdot 10^9$ mol propeenoxide.

Er is dus ook 5,17 · 10^9 mol waterstofperoxide nodig. Dit komt overeen met 5,17 · 10^9 mol · 34,02 g mol^{-1} = 1,76 · 10^{11} g = 1,76 · 10^5 ton waterstofperoxide (zie verder vervolg van methode 1).

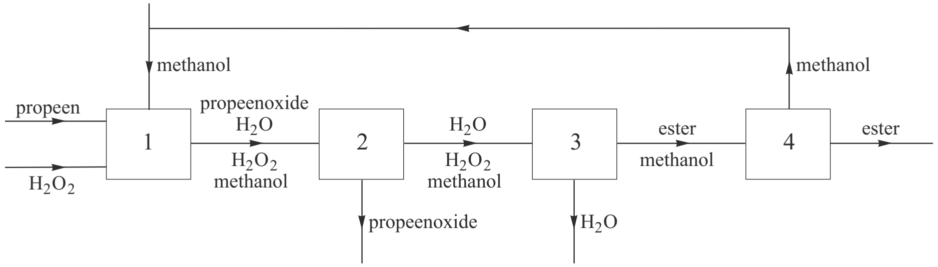
27 $CH_3OH + H_2O \rightarrow HCOOH + 4\ H^+ + 4\ e^-$

28 *Je kunt de ester bijvoorbeeld als volgt weergeven:*



29 Bij twee reacties (in ruimte 3) wordt een deel van de methanol verbruikt.

30 *Voorbeeld van een goed antwoord:*



© ThiemeMeulenhoff

Solvay

31 bindingstype in calciumoxide: ionbinding
bindingstype in koolstofdioxidemoleculen: atoombinding of covalente binding
Calciumoxide is een zout, opgebouwd uit Ca^{2+} *en* O^{2-} *ionen.*
Koolstofdioxide is een moleculaire stof, de niet-metaalatomen C en O zijn gebonden door (polaire) atoombindingen.

32 $NH_3 + H_2CO_3 \rightarrow NH_4^+ + HCO_3^-$
Reactie 1 moet de optelsom zijn van de stappen 1 t/m 3.

33 *Mogelijke antwoorden:*
- filtreren
- bezinken
- centrifugeren

34 $2\ NH_4^+(aq) + CaO(s) \rightarrow 2\ NH_3(aq) + Ca^{2+}(aq) + H_2O(l)$
In reactor 5 komt NH_4^+ *van links, CaO van onderen,* NH_3 *gaat er van boven uit,* Ca^{2+} *aan de rechterkant. De* Cl^- *ionen reageren niet mee.*

35 $X = H_2O$
De reactievergelijking is: $2\ NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$

36 De massa van 1 mol Na_2CO_3 is 105,99 g (Binas 98).
$3{,}0 \cdot 10^5$ ton = $3{,}0 \cdot 10^8$ kg = $3{,}0 \cdot 10^{11}$ gram natriumcarbonaat.
Dit is $\dfrac{3{,}0 \cdot 10^{11}\ g}{105{,}99\ g\ mol^{-1}} = 2{,}83 \cdot 10^9$ mol Na_2CO_3.

Als alle natriumionen uit NaCl in Na_2CO_3 terechtkomen, is er twee maal zoveel mol NaCl nodig. Dat is $2 \cdot 2{,}83 \cdot 10^9 = 5{,}66 \cdot 10^9$ mol NaCl.
Als 1 L NaCl oplossing 6,1 mol bevat, is er dus nodig: $\dfrac{5{,}66 \cdot 10^9\ mol}{6{,}1\ mol\ L^{-1}} = 9{,}3 \cdot 10^8$ L
(2 significante cijfers)

37 NH_3 en CO_2
Deze twee stoffen worden niet van buiten aangevoerd. NH_3 *circuleert tussen reactor 5 en reactor 2.* CO_2 *circuleert tussen reactor 4 en reactor 2.*

© ThiemeMeulenhoff

6 Onderzoek

Actieve kool

Wanneer geconcentreerd zwavelzuur wordt toegevoegd aan suiker, ontstaat ‘actieve kool’. Actieve kool kan als adsorptiemiddel worden gebruikt voor het verwijderen van veel kleurstoffen uit waterige oplossingen. Anne en Emma maken zelf actieve kool aan de hand van onderstaand voorschrift. Daarna testen zij de actieve kool.

Actieve kool maken
Doe 1,0 gram suiker ($C_{12}H_{22}O_{11}$) in een reageerbuis. Maak de suiker wat vochtig met een paar druppels water. Voeg hieraan voorzichtig 2,5 mL geconcentreerd zwavelzuur (98 massa%) toe. Na enkele seconden verkoolt de suiker onder vorming van zwaveldioxide, koolstofdioxide en warmte. Maak gebruik van de zuurkast!
Spoel de ontstane actieve kool grondig met water. Laat de actieve kool goed drogen (24 uur) en maak het daarna fijn.

naar: www.chemie.uni-ulm.de/experiment/edm0199.html

In verband met de veiligheid moeten Anne en Emma de proef in de zuurkast uitvoeren. De beschreven wijze van het maken van actieve kool brengt namelijk enige gevaren met zich mee.

1 Leg uit waarom de zuurkast moet worden gebruikt.

De verkregen actieve kool is mogelijk nog verontreinigd met overgebleven zwavelzuur. Om dit te verwijderen, ‘wassen’ Anne en Emma de gevormde actieve kool met water. Dit doen zij door de actieve kool in een bekerglas over te brengen en er gedestilleerd water bij te doen. Na goed roeren laten zij het mengsel bezinken. Hierna schenken zij zoveel mogelijk van de bovenstaande oplossing af. Deze procedure herhalen zij enige malen. Dan gieten zij de actieve kool met een restje water uit over een filter.

2 Leg uit hoe Anne en Emma kunnen controleren of de verkregen actieve kool na het wassen nog zwavelzuur bevat. Beschrijf wat ze moeten doen en geef een mogelijke waarneming en de bijbehorende conclusie.

Anne en Emma hebben de actieve kool goed gewassen zodat alle verontreinigingen zijn verwijderd. Nadat ze de actieve kool hebben gedroogd, maken ze die fijn. Hierdoor verbetert de werking van de actieve kool als adsorptiemiddel.

3 Leg uit waardoor de actieve kool sneller werkt als adsorptiemiddel wanneer de kool fijngemaakt is.

Tenslotte willen Anne en Emma onderzoeken of de verkregen actieve kool inderdaad werkt als adsorptiemiddel. Voor dit onderzoek hebben zij onder andere tot hun beschikking: een rode kleurstof die in water is opgelost, filter, trechter en reageerbuizen.

4 Geef een werkplan waarmee Anne en Emma dit onderzoek kunnen uitvoeren. Geef ook de waarneming waaruit ze hun conclusie moeten trekken.

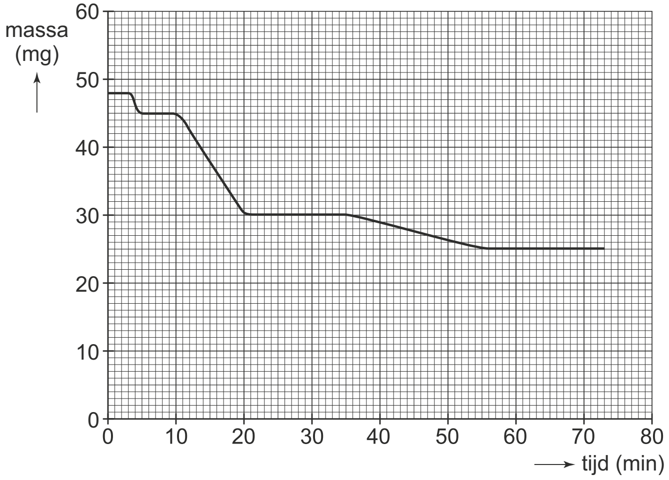
© ThiemeMeulenhoff

Houtas

Het gebruik van fossiele brandstoffen leidt tot een toename van de concentratie van koolstofdioxide in de atmosfeer. Omdat men aanneemt dat dit leidt tot een versterkt broeikaseffect, wordt voortdurend gezocht naar alternatieve brandstoffen.
Hout, verkregen door bosbouw, is een mogelijk alternatief. Bij bosbouw worden de gekapte bomen vervangen door jonge aanplant. De energievoorziening uit hout kan dan 'CO_2-neutraal' genoemd worden. Hout bestaat voor het grootste deel uit cellulose (een polymeer van glucose) en water.

5 Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van cellulose. Gebruik $(C_6H_{10}O_5)_n$ als formule voor cellulose.

Bij de verbranding van hout blijft altijd een hoeveelheid as over. De samenstelling van de as hangt onder andere af van de houtsoort en van de temperatuur tijdens de verbranding. Wanneer deze temperatuur onder 600 °C blijft, bestaat de as voornamelijk uit calciumcarbonaat. Ook kan een hoeveelheid kaliumcarbonaat aanwezig zijn.
In Scandinavië, waar hout een veel gebruikte brandstof is, wordt onderzoek gedaan naar het effect van de temperatuur tijdens de verbranding op de samenstelling van de as. Daarbij wordt het hout eerst verbrand bij een temperatuur onder 600 °C.
Na afkoelen (waarbij de as wat water opneemt) wordt een afgewogen hoeveelheid van ongeveer 50 mg van de verkregen as in een oven geplaatst. De temperatuur van de oven wordt daarna in ongeveer 70 minuten verhoogd van 20 °C tot 1200 °C.
Tijdens het opwarmen wordt de massa van de vaste stof voortdurend gemeten.
Op deze manier is de as onderzocht die is ontstaan bij de verbranding (bij een temperatuur onder 600 °C) van eikenhout. In onderstaand diagram is het resultaat van dit onderzoek weergegeven.



De massa-afname is het gevolg van drie processen:
- In de eerste 5 minuten verdampt het water dat tijdens het afkoelen was opgenomen.
- Na ongeveer 10 minuten (bij ongeveer 650 °C) begint de ontleding van calcium-carbonaat:
  $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
  Na ongeveer 20 minuten is alle calciumcarbonaat ontleed.
- Na ongeveer 35 minuten (bij ongeveer 900 °C) begint de ontleding van kalium-carbonaat tot kaliumoxide en koolstofdioxide.

Uit het diagram kan worden afgeleid hoeveel koolstofdioxide is ontstaan bij de ontleding van het calciumcarbonaat in de as. Met de gevonden hoeveelheid koolstofdioxide en de reactievergelijking van de ontleding van calciumcarbonaat kan vervolgens het massapercentage calciumcarbonaat in de onderzochte as worden berekend.

6 Leid af, met behulp van het diagram, hoeveel mg CO_2 is ontstaan bij de ontleding van het $CaCO_3$ in de onderzochte as.

7 Bereken het massapercentage $CaCO_3$ in de as die in de oven werd geplaatst.

Nadat de temperatuur (na ongeveer 70 minuten) op 1200 °C is gekomen, laat men de rest van de as van het eikenhout afkoelen. Daarna wordt de samenstelling van deze asrest bepaald. Deze blijkt voornamelijk te bestaan uit calciumoxide. Kaliumoxide blijkt niet voor te komen in de asrest. En ook kalium komt niet voor. Dat de asrest geen kaliumoxide en geen kalium bevat, kan worden verklaard met behulp van gegevens uit de Binastabellen 40A en 42A.
8 Geef deze verklaring en noem daarbij de gegevens uit de genoemde Binastabellen.

Nitraat in drinkwater

Bij intensieve veehouderij ontstaan grote hoeveelheden mest. In deze mest zit veel nitraat dat vooral in zandgronden uitspoelt naar het grondwater. Uit grondwater wordt op verschillende plaatsen drinkwater gewonnen. Wanneer in de grond pyriet aanwezig is, kan dit er voor zorgen dat het nitraat het grondwater niet bereikt.
Pyriet (FeS_2) is een zout dat opgebouwd is uit ijzerionen en S_2^{2-} ionen.

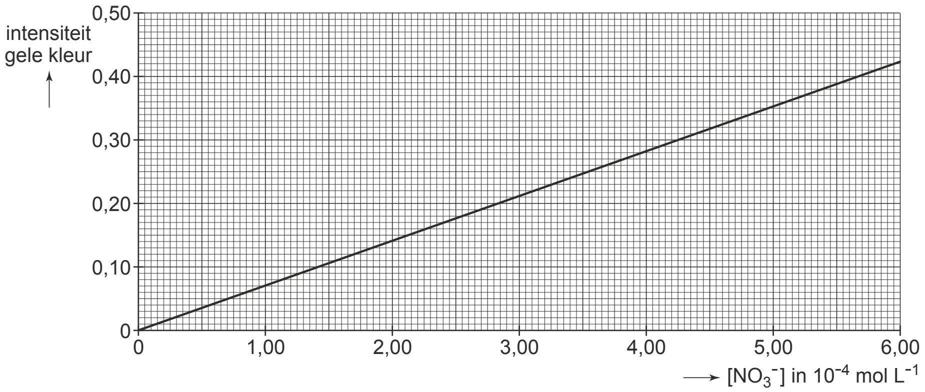
Volgens richtlijnen van de Europese Commissie mag drinkwater niet meer dan 50 mg nitraationen per liter bevatten.
De ADI-waarde voor nitraat is 3,7 mg NO_3^- per kg lichaamsgewicht.

9 Bereken hoeveel liter drinkwater met 50 mg NO_3^- per liter een persoon van 67 kg per dag maximaal mag drinken zonder dat de ADI-waarde wordt overschreden.

Om na te gaan of drinkwater voldoet aan de richtlijnen van de Europese Commissie kan de concentratie van de NO_3^- ionen worden bepaald met behulp van de reactie van NO_3^- ionen met een reagens.
Voor deze bepaling is een oplossing nodig waarvan de concentratie van de NO_3^- ionen bekend is.

10 Beschrijf hoe je te werk moet gaan om een oplossing te maken waarvan de concentratie van de NO_3^- ionen bekend is.

Uitgaande van de oplossing met een bekende nitraatconcentratie wordt door verdunning een aantal oplossingen gemaakt. Bij de bepaling wordt steeds dezelfde hoeveelheid van een reagensoplossing in overmaat toegevoegd aan 10,0 mL nitraatoplossing. Hierbij ontstaat een geelgekleurde oplossing. De intensiteit van de gele kleur van de verkregen oplossing wordt gemeten met een zogenoemde colorimeter. In onderstaand diagram is het verband weergegeven tussen de concentratie van de nitraationen in de kleurloze nitraatoplossing en de intensiteit van de gele kleur van de oplossing die is ontstaan na menging met de reagensoplossing.



Aan 10,0 mL van het te onderzoeken drinkwater werd dezelfde hoeveelheid van de reagensoplossing toegevoegd die werd gebruikt bij de bepalingen waarmee bovenstaand diagram werd verkregen.
De intensiteit van de gele kleur van de verkregen oplossing was 0,31.
Uit deze meting is af te leiden of dit drinkwater voldoet aan de richtlijnen van de Europese Commissie.

11 Bepaal met behulp van het bovenstaand diagram de concentratie (in mol L^{-1}) van de nitraationen in het onderzochte drinkwater.

12 Leid af of het onderzochte drinkwater voldoet aan de richtlijnen van de Europese Commissie.

In gebieden waar het nitraatgehalte van het grondwater te hoog is, kan men drinkwater verkrijgen dat voldoet aan de richtlijn, door dit grondwater te mengen met water met een lager nitraatgehalte.
Een waterleidingbedrijf maakt bij de bereiding van drinkwater gebruik van grondwater met een nitraatgehalte van 92 mg per liter. Het bedrijf mengt dit grondwater met water met een nitraatgehalte van 12 mg per liter in de volumeverhouding 1,0 : 3,0.

13 Bereken het nitraatgehalte in mg per liter van het drinkwater na menging.

 © ThiemeMeulenhoff

Gist

Brooddeeg bestaat voor een groot deel uit zetmeel. Wanneer gist aan het brooddeeg is toegevoegd, zal een deel van het zetmeel worden omgezet tot glucose ($C_6H_{12}O_6$). De ontstane glucose wordt door de gist omgezet tot alcohol en koolstofdioxide. Het koolstofdioxide zorgt voor het rijzen van het deeg.

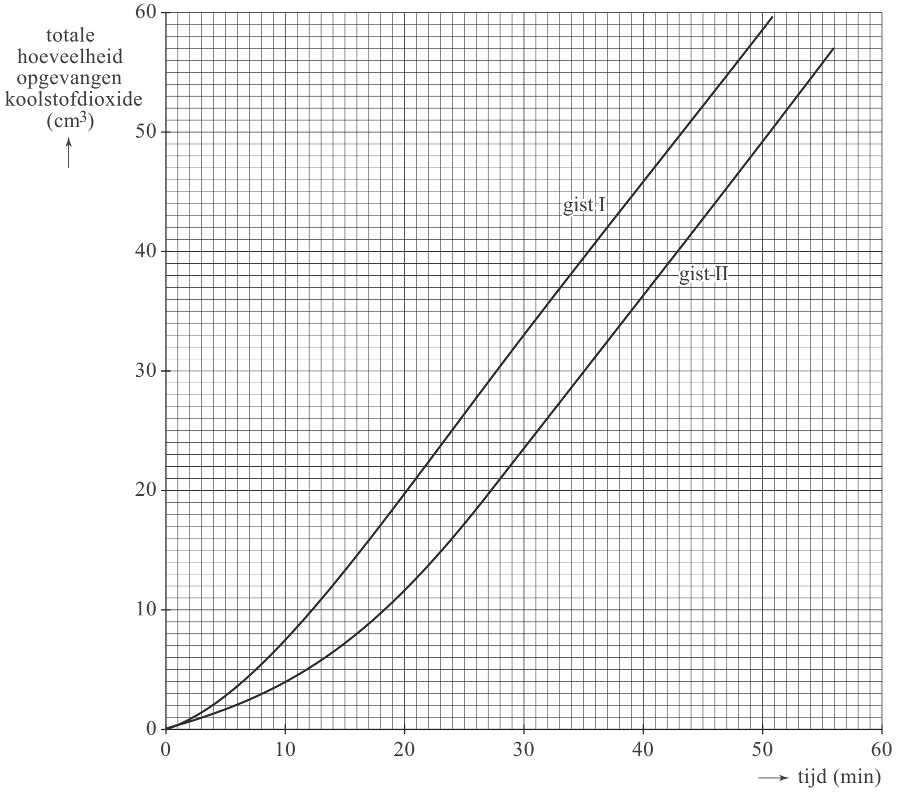
De reactievergelijking voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide en alcohol is als volgt:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$$

Joris heeft twee zakjes gedroogde gist gevonden:
gist I: gist waarvan de houdbaarheidsdatum nog niet is overschreden;
gist II: gist waarvan de houdbaarheidsdatum drie jaar is overschreden.
Om de werking van gist I te vergelijken met de werking van gist II voert Joris de volgende proeven uit:
Aan 100 mL van een 5% glucose-oplossing met een temperatuur van 33 °C voegt Joris 1,0 gram van gist I toe. Hij laat de glucose-oplossing met de gist net zolang staan, totdat hij de eerste gasbelletjes ziet ontstaan. Vervolgens vangt Joris het gas dat ontstaat op. Om de 5 minuten noteert hij hoeveel gas er is opgevangen.

Joris neemt weer 100 mL van de glucose-oplossing en voert de proef opnieuw uit, maar deze keer met gist II.

Onderstaand diagram is gemaakt met de resultaten van de proeven van Joris.



© ThiemeMeulenhoff

Het aantal cm^3 koolstofdioxide dat per tijdseenheid wordt gevormd, is een maat voor de activiteit van de gist. Uit bovenstaand diagram blijkt dat de activiteit van gist II in het begin lager is dan de activiteit van gist I.

14 Bereken met behulp van het diagram voor elk van de twee soorten gist het aantal cm^3 gas dat is geproduceerd tussen 10 en 20 minuten vanaf het moment van opvangen. Lees de aantallen cm^3 koolstofdioxide af in één decimaal.

15 Bereken hoeveel procent de activiteit van gist II tussen 10 en 20 minuten lager was dan de activiteit van gist I. Stel de activiteit van gist I op 100%.

De activiteit van gist II is na enige tijd even groot als de activiteit van gist I.

16 Hoe blijkt dit uit het diagram?

Warmers

Voor mensen die langdurig in koude omstandigheden verblijven, zoals bergbeklimmers of medewerkers in diepvriesmagazijnen, zijn er zakjes in de handel waarmee men zichzelf kan opwarmen. De volgende tekst gaat over deze zogenoemde ‘warmers’.

Warmtefabriekje

Koude vingers, tenen en handen zijn er mee op te warmen. Warmers zijn kunststofzakjes die gevuld zijn met een chemisch mengsel dat warm wordt als er zuurstof bij komt. De buitenkant van het zakje wordt 50 - 60 graden Celsius, zes tot zeven uur achtereen, claimt de fabrikant. In de zakjes zit een mengsel van ijzerpoeder, zout, water, actieve kool, cellulose en vermiculiet, een sponsachtige kleisoort. De warmers zijn vacuüm verpakt, ongeopend blijven ze twee tot drie jaar goed. Wordt de verpakking opengemaakt dan begint het chemische spel. Het pyrofore ijzer reageert onmiddellijk met zuurstof dat door de poriën van het polypropyleen zakje kruipt. De samenstelling van het mengsel is uitgekiend. Gewoonlijk vormt zich bij het roesten ijzeroxide dat zich in de vorm van een superdun laagje op de buitenkant van de ijzerdeeltjes afzet. Na verloop van tijd kan de zuurstof het ijzer dan niet meer bereiken en zet de reactie zichzelf stil. Zout – althans het chloride daarin – voorkomt de vorming van zo’n huidje, waardoor de warmteproducerende reactie gewoon doorgaat. De actieve kool verdeelt de warmte, vermiculiet houdt de warmte vast en cellulose dient als vulstof.

naar: de Volkskrant

---

17 Geef de reactievergelijking voor het roesten van ijzer tot ijzer(III)oxide.

18 Is het roesten van ijzer een endotherme of exotherme reactie? Geef een verklaring voor je antwoord. Vermeld in je verklaring een gegeven uit de tekst dat je hebt gebruikt om tot je antwoord te komen.

Pyrofoor ijzer (zie regels 7 en 8) is speciaal ijzerpoeder waarvan de korreltjes veel kleiner zijn dan van ‘gewoon’ ijzerpoeder. Wanneer in plaats van pyrofoor ijzer ‘gewoon’ ijzerpoeder in de zakjes wordt gebruikt, komt de warmer minder snel op temperatuur.

19 Geef hiervoor een verklaring met behulp van het botsende-deeltjesmodel.

© ThiemeMeulenhoff

Volgens informatie van een fabrikant van warmers is het zout in het zakje belangrijk voor de goede werking. Het zakje zal zonder zout niet gedurende langere tijd de gewenste hoge temperatuur kunnen houden (zie regels 3 en 4). Het zakje is dan ongeschikt als warmer.

20 Leg uit dat de warmer zonder zout niet gedurende langere tijd de gewenste hoge temperatuur kan houden. Vermeld in je uitleg gegevens uit de tekst die je hebt gebruikt om tot je uitleg te komen.

De kunststofzakjes zijn gemaakt van polypropyleen. Pieter en Nel beweren dat polypropyleen een thermoplast is.

21 Beschrijf hoe Pieter en Nel met een proef kunnen vaststellen dat polypropyleen een thermoplast is. Geef ook aan welke waarneming bij de proef leidt tot de conclusie dat polypropyleen een thermoplast is.

Pieter en Nel willen aantonen dat zout het roesten van ijzer versnelt en dat actieve kool dat niet doet. Zij gaan daarvoor op school een onderzoek doen. Zij hebben geen pyrofoor ijzer. Daarom gebruiken Pieter en Nel ‘gewoon’ ijzerpoeder en maken zij het ijzer nat om het roesten vlot te laten verlopen.
Bij hun proeven gebruiken Pieter en Nel dus ijzerpoeder, zout, actieve kool en water.

22 Beschrijf een onderzoek waarmee Pieter en Nel kunnen aantonen dat zout het roesten van ijzer versnelt en dat actieve kool dat niet doet. Geef daarbij ook aan welke metingen zij kunnen doen en welke conclusies zij uit hun metingen kunnen trekken.

Chloor of fluor in kunststof

In verband met de gezondheid en het milieu onderzoekt de Consumentenbond regelmatig allerlei voorwerpen waarin kunststoffen zijn verwerkt. Het gaat daarbij vooral om de aanwezigheid van chloor en fluor in deze kunststoffen. De Consumentenbond maakt daarbij onder andere gebruik van onderstaand voorschrift.

De aanwezigheid van chloor in kunststoffen kan men vaststellen met behulp van de zogenoemde koperdraadtest. Men verhit hiertoe het uiteinde van een blanke koperdraad in een kleurloze vlam totdat deze een eventueel aanwezige groene kleur verliest en drukt dan de hete draad tegen een monster van de te onderzoeken stof. Verhit men de draad daarna opnieuw en wordt de vlam groen, dan bevat de stof chloor. Fluor kan op deze wijze niet worden aangetoond; hiervoor is een andere proef nodig. Als men vochtig blauw lakmoespapier houdt boven de dampen die ontstaan bij hoge verhitting van een stukje kunststof, dan verkleurt dit papier tot rood als de damp een zuur bevat. Is waterstofchloride via de koperdraadproef niet vastgesteld, dan is het via lakmoes aangetoonde zuur waterstoffluoride.

naar: ‘Welke kunststof is dit?’

Een staafje is gemaakt van PVC of van PFTE. PVC is een polymeer van vinylchloride (C_2H_3Cl); PTFE is een polymeer van tetrafluoretheen (C_2F_4).
Hans krijgt de opdracht om te onderzoeken uit welke van deze twee kunststoffen het staafje bestaat. Daartoe verhit hij het staafje en houdt boven de ontwijkende dampen een vochtig blauw lakmoespapiertje. Het lakmoespapiertje wordt rood.

23 Kan Hans uit zijn waarneming de conclusie trekken dat het onderzochte staafje uit PTFE bestaat? Geef een verklaring voor je antwoord.

© ThiemeMeulenhoff

Vuursteentjes

Voor een praktisch schoolonderzoek willen André en Robert weten uit welke stof of stoffen vuursteentjes in een wegwerpaansteker bestaan. Ze gaan op zoek naar informatie over de samenstelling van een vuursteentje. André vindt dat vuursteentjes die vonken geven als je ze tegen elkaar slaat, voornamelijk uit silica bestaan. Hij vindt ook informatie over een aantal eigenschappen van silica.
Volgens de informatie die Robert vindt, bestaat een vuursteentje uit zogenoemd mischmetaal: een legering die voornamelijk bestaat uit de metalen cerium en lanthaan.
Na overleg over de informatie, willen ze gaan onderzoeken of een vuursteentje elektrische stroom geleidt. Ze bespreken dit idee met hun docent. Deze bevestigt dat hun onderzoek naar stroomgeleiding geschikt is om na te gaan of het vuursteentje bestaat uit silica of uit mischmetaal.

24 Leg uit welke informatie over silica André kan hebben gevonden, waardoor onderzoek naar elektrische geleiding geschikt is om vast te stellen of een vuursteentje uit silica of mischmetaal bestaat.
Noteer je antwoord als volgt:
informatie over silica: …
uitleg: …

André en Robbert kopen een paar vuursteentjes. Voor hun onderzoek bouwen ze een opstelling waarmee ze kunnen nagaan of het vuursteentje elektrische stroom geleidt. Wanneer het vuursteentje wordt opgenomen in een stroomkring blijkt het de elektrische stroom niet te geleiden. Nu denken André en Robbert te weten uit welke stof een vuursteentje bestaat. Hun docent vindt echter dat ze het vuursteentje een bepaalde behandeling hadden moeten geven voordat ze hun onderzoek naar stroomgeleiding uitvoerden.
Robbert herinnert zich dat in de informatie over het mischmetaal ook was vermeld dat cerium en lanthaan allebei gemakkelijk reageren met zuurstof uit de lucht, waarbij cerium(IV)oxide en lanthaan(III)oxide ontstaan. Een stukje mischmetaal is daarom vrijwel altijd bedekt met een laagje van deze oxiden.

25 Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van lanthaan(III)oxide uit lanthaan en zuurstof.

26 Geef aan wat André en Robbert met het vuursteentje hadden moeten doen voordat ze het geleidingsvermogen onderzochten.

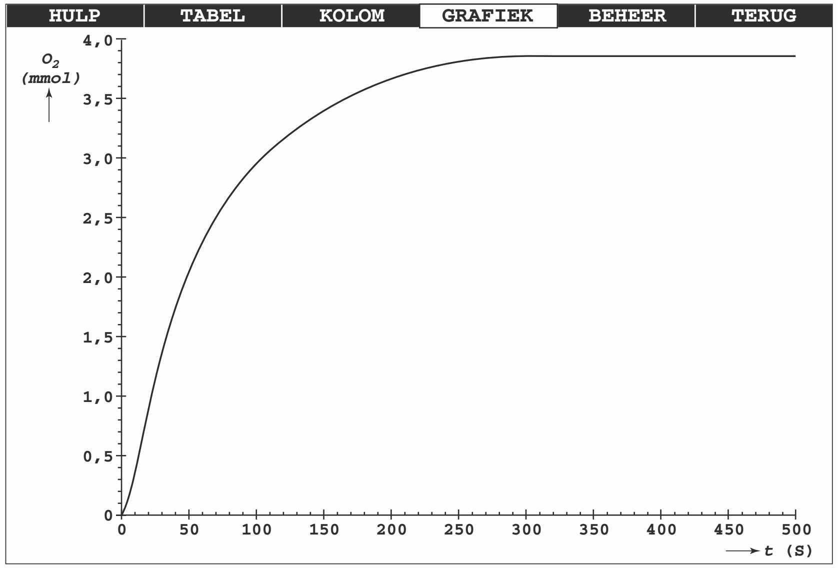
© ThiemeMeulenhoff

Reactiesnelheidsmeting

De concentratie van waterstofperoxide (H_2O_2) in een oplossing van waterstofperoxide wordt langzaam lager. Dit wordt veroorzaakt door het optreden van de volgende ontledingsreactie:

$$2\ H_2O_2 \rightarrow 2\ H_2O + O_2$$

Joske krijgt de opdracht om de ontleding van waterstofperoxide te onderzoeken. Zij doet een hoeveelheid van een waterstofperoxide-oplossing in een erlenmeyer die verbonden is met een gasmeetspuit. Vervolgens voegt ze een katalysator toe om de ontleding te versnellen. Met behulp van een computerprogramma wordt op het beeldscherm weergegeven hoeveel mmol zuurstof tijdens de ontleding is gevormd. Na afloop van de ontleding heeft Joske op het beeldscherm een diagram dat het verband aangeeft tussen de tijd (horizontaal) en de hoeveelheid zuurstof die ontstaan is (verticaal).



27 Geef aan hoe uit het diagram blijkt dat de reactiesnelheid tussen t = 50 s en t = 100 s groter is dan tussen t = 100 s en t = 150 s.

In het diagram is af te lezen dat na een bepaald tijdstip de hoeveelheid zuurstof niet meer toeneemt. Op dit tijdstip is alle waterstofperoxide ontleed.

28 Bereken het aantal gram waterstofperoxide dat in de onderzochte oplossing aanwezig was.

© ThiemeMeulenhoff

Schelp

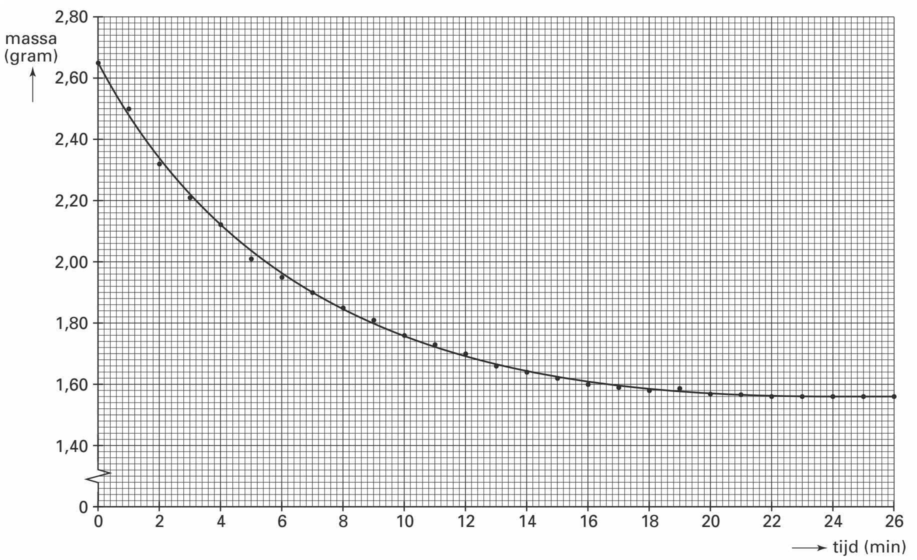
Een schelp bestaat voornamelijk uit calciumcarbonaat. Er zijn verschillende manieren om het massapercentage calciumcarbonaat in een schelp te bepalen. Eén manier is om de schelp te laten reageren met een overmaat sterk zuur waarbij het gas dat ontstaat, wordt opgevangen.
Uit de hoeveelheid gas die is ontstaan, kan berekend worden hoeveel calciumcarbonaat heeft gereageerd.

29 Teken een opstelling die geschikt is om de hoeveelheid gas die bij deze reactie ontstaat, op te vangen en te meten.

In plaats van het gas op te vangen bepalen Bianca en Hesja de massa-afname van het reactievat met inhoud. Deze massa-afname is het gevolg van het ontwijken van het gas dat ontstaat. Bianca en Hesja gebruiken deze methode bij het bepalen van het massapercentage calciumcarbonaat in een bepaald soort schelp. Zij plaatsen een bekerglas met 200 mL 2 M zoutzuur (een overmaat) op een balans en zetten de balans op nul. Vervolgens brengen ze op tijdstip *t* = 0 minuten hun schelp in het bekerglas met zoutzuur. De volgende reactie treedt op:

$$CaCO_3 + 2\,H^+ \rightarrow H_2O + CO_2 + Ca^{2+}$$

Bianca en Hesja noteren iedere minuut de massa die de balans aangeeft.
Van hun resultaten maken ze een diagram:



30 Hoe is aan het diagram te zien dat de reactiesnelheid tijdens de proef afneemt?

Met de waarden die uit het diagram zijn af te lezen, is het massapercentage calciumcarbonaat in de onderzochte schelp te berekenen.

31 Bereken met behulp van het diagram hoeveel mol CO_2 bij de reactie uit het bekerglas is ontweken.

32 Bereken het massapercentage calciumcarbonaat in de onderzochte schelp.
Neem bij de berekening aan dat al het gevormde CO_2 uit de oplossing is ontweken.

© ThiemeMeulenhoff

Bij de bespreking van de resultaten van Bianca en Hesja wijst hun docent op het feit dat tijdens de proef een deel van het CO_2 oplost in de gebruikte zure oplossing. Daardoor is het massapercentage dat zij hebben berekend niet juist.

33 Hebben Bianca en Hesja hierdoor een te hoog of een te laag massapercentage berekend?
Geef een verklaring voor je antwoord.

Bianca en Hesja doen een tweede experiment met een zelfde soort schelp met dezelfde massa. Ze gebruiken bij dit tweede experiment 100 mL 4 M zoutzuur. Bij hun eerste experiment gebruikten ze 200 mL 2 M zoutzuur. Bianca en Hesja vergelijken de reactiesnelheid bij het eerste en bij het tweede experiment door te kijken naar de massa-afname bij beide experimenten gedurende de eerste vier minuten. Bij het eerste experiment gaf de balans op tijdstip *t* = 4 minuten een massa van 2,12 gram aan.

34 Geeft de balans bij het tweede experiment op *t* = 4 minuten een massa aan die kleiner dan, gelijk aan of groter dan 2,12 gram is?
Geef een verklaring voor je antwoord.

© ThiemeMeulenhoff

Hints bij hoofdstuk 6

1 Welke van de gevormde stoffen is/zijn schadelijk voor de gezondheid?
2 Denk aan de zure eigenschappen van zwavelzuur, of aan de sulfaationen.
4 De actieve kool moet met de kleurstof in contact komen, en weer worden verwijderd.
5 Je begint met 6*n* C atomen, 10*n* H atomen en 5*n* O atomen.
7 Gebruik de molaire massa's van $CaCO_3$ en CO_2.
8 Zoek de kookpunten van K en K_2O op.
11 Kies een geschikt zout en bedenk hoe je daarvan een oplossing maakt met een bekende concentratie.
13 Wat is het gemiddelde van 1 L met 92 mg nitraat en 3 L met 12 mg (per liter)?
14 Lees uit het diagram voor beide gistsoorten het volume af bij 10 en 20 minuten.
15 Gebruik de gegevens van vraag 14. Hoe groot is het volumeverschil?
17 Voor het roesten is zuurstof nodig.
18 Endotherm: er is voortdurend warmte nodig. Exotherm: er komt warmte vrij.
19 Wat gebeurt met het aantal (effectieve) botsingen?
20 Zie regels 10 - 15 van tekst 1.
21 Het voorvoegsel 'thermo' wijst op temperatuur.
22 Zorg voor een blanco-experiment als vergelijkingsmateriaal.
23 Kan er een zuur ontstaan uit PVC of PTFE?
24 Zal mischmetaal stroom geleiden?
25 De formule van lanthaan(III)oxide is La_2O_3.
27 Vergelijk de helling.
28 Lees de hoeveelheid af uit de grafiek; bereken het aantal mmol H_2O_2.
29 Gebruik een omgekeerde maatcilinder.
31 Reken het aantal gram uit de grafiek om in aantal mol.
32 Bereken het aantal gram $CaCO_3$ m.b.v. uitwerking 31.
33 Ze hebben minder CO_2 gemeten.
34 Zal de reactiesnelheid bij het 2^e experiment groter of kleiner zijn?

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij hoofdstuk 6

Actieve kool

1 *Mogelijke antwoorden:*
- Bij de reactie komt giftig zwaveldioxide vrij.
- Er ontstaat SO_2 en dat is een giftig gas.

Een antwoord als 'geconcentreerd zwavelzuur kan de huid aantasten' is hier niet voldoende. Het gevaar van vrijkomend zwaveldioxide moet genoemd worden.

2 *Mogelijke antwoorden:*
- Spoel de actieve kool nog een keer met gedestilleerd water en bepaal de pH van de doorgelopen vloeistof. Als er nog zwavelzuur aanwezig is zal de pH kleiner dan 7 zijn. Dit is te controleren met een pH-meter, of met blauw lakmoes(papier); dit zal rood kleuren.
- Bepaal de pH van het filtraat. Als deze kleiner is dan 7 is nog zwavelzuur aanwezig.
- Spoel de actieve kool nog een keer met gedestilleerd water en ga met een zoutoplossing, bijvoorbeeld bariumchloride-oplossing, na of er sulfaationen aanwezig zijn. Er ontstaat dan een neerslag van bariumsulfaat. Als er geen neerslag ontstaat, bevat de actieve kool geen zwavelzuur meer.

De derde oplossing behoort niet tot de examenstof. Als zoutoplossing kunnen oplossingen gebruikt worden die barium-, lood- of kwik(II)-ionen bevatten.

3 *Mogelijke antwoorden:*
- Fijngemaakte kool heeft een groter (adsorptie)oppervlak.
- Fijngemaakte kool heeft een grotere verdelingsgraad.

4 *Meest gebruikelijke werkplan:*
- Schud de oplossing van rode kleurstof in een reageerbuis met een schepje actieve kool.
- Filtreer de suspensie (of laat het neerslag bezinken).
- Als het filtraat kleurloos is, of lichter rood gekleurd is, heeft de actieve kool kleurstof geadsorbeerd.

Houtas

5 $(C_6H_{10}O_5)_n + 6n\ O_2 \rightarrow 6n\ CO_2 + 5n\ H_2O$

6 De massa voor de ontleding van $CaCO_3$ is 45 mg.
Na de ontleding is de massa 30 mg.
Er is dus 15 mg CO_2 ontstaan.
Door verschil in aflezing zijn antwoorden tussen 14 en 16 mg goed.

7 De massa van 1 mol CO_2 is 44,010 g en die van 1 mol $CaCO_3$ is 100,09 g (Binas 98).
methode 1 (met massaverhouding):

reactie in mol:	1 mol $CaCO_3$	$\rightarrow$	1 mol CO_2
mol $\rightarrow$ gram:	100,09 g		44,010 g
gevraagd/gegeven:	*x* mg		15 mg

15 mg CO_2 kan ontstaan uit $x = \frac{15 \cdot 100{,}09}{44{,}010} = 34{,}1$ mg $CaCO_3$

Het massapercentage $CaCO_3$ in de as bedraagt dus $\frac{34{,}1}{48} \cdot 100\% = 71\%$ (2 sign. cijfers).

© ThiemeMeulenhoff

methode 2 (met molberekening):

15 mg CO_2 is $\frac{15 \text{ mg}}{44{,}010 \text{ mg mmol}^{-1}}$ = 0,341 mmol. Dit ontstaat uit 0,341 mmol $CaCO_3$.

0,341 mmol $CaCO_3$ is 0,341 mmol · 100,09 mg $mmol^{-1}$ = 34,1 mg $CaCO_3$ (zie verder vervolg van methode 1).

Afhankelijk van het antwoord op vraag 6 kan het percentage liggen tussen 65,6 en 76,6.

8 Kaliumoxide heeft wel een smeltpunt, maar geen kookpunt (Binas 42A). Blijkbaar ontleedt de stof bij een temperatuur onder 1200 K. Hierbij zal kalium en zuurstof ontstaan.
Kalium kookt bij 1032 K (Binas 40A) en is dus verdampt bij 1200 K.
Bij 1200 K zal er dus geen kaliumoxide en ook geen kalium aanwezig zijn.

Nitraat in drinkwater

9 Een persoon van 67 kg mag per dag maximaal 67 · 3,7 mg = 248 mg nitraat binnenkrijgen.
Bij een gehalte van 50 mg nitraat per liter komt dit neer op $\frac{248 \text{ mg}}{50 \text{ mg L}^{-1}}$ = 5,0 L drinkwater per dag (2 significante cijfers).

10 *Werkwijze met de volgende stappen:*
- Je kiest een geschikt zout (bv. natriumnitraat).
- Je weegt een hoeveelheid van dit zout af (je kunt deze hoeveelheid het beste van tevoren berekenen).
- Je lost het zout op in water tot een bekend volume (bv. in een maatkolf). (Je schudt om de oplossing te homogeniseren).

11 Bij een intensiteit van 0,31 hoort een concentratie tussen $4{,}35 \cdot 10^{-4}$ en $4{,}45 \cdot 10^{-4}$ mol L^{-1}.

12 De massa van 1 mol NO_3^- is 14,01 + 3 · 16,00 = 62,01 g (Binas 99).
Een concentratie van $4{,}40 \cdot 10^{-4}$ mol L^{-1} komt overeen met
$4{,}40 \cdot 10^{-4}$ mol L^{-1} · 62,01 g mol^{-1} = $273 \cdot 10^{-4}$ g L^{-1} = 27,3 mg L^{-1}.
Dit is minder dan 50 mg L^{-1}, dus het drinkwater voldoet aan de richtlijnen van de Europese Commissie.

13 1,0 liter grondwater met een gehalte van 92 mg L^{-1} bevat 92 mg nitraat.
3,0 liter grondwater met een gehalte van 12 mg L^{-1} bevat 36 mg nitraat.
In 4,0 liter mengsel zit dus 92 + 36 = 128 mg nitraat.

Gist

14 *De volgende waarden kunnen worden afgelezen:*
gist I: na 10 min. 7,5 cm^3; na 20 min. 19,8 cm^3; verschil 12,3 cm^3
gist II: na 10 min. 4,0 cm^3; na 20 min. 11,8 cm^3; verschil 7,8 cm^3
De afgelezen waarden mogen 0,2 cm^3 afwijken, het verschil maximaal 0,4 cm^3.

15 De activiteit van gist I (gemeten 12,3 cm^3, zie antwoord 14) is op 100% gesteld.
Gist II produceert tussen 10 en 20 minuten 7,8 cm^3, hetgeen overeenkomt met
$\frac{7{,}8}{12{,}3}$ · 100% = 63%. De activiteit van gist II is dus 100% – 63% = 37% lager dan die van gist I (2 significante cijfers).
Het antwoord moet tussen 31% en 42% liggen, afhankelijk van de waarden die bij onderdeel 14 zijn afgelezen.

© ThiemeMeulenhoff

16 *Mogelijke antwoorden:*
- De lijnen in het diagram lopen evenwijdig.
- De lijnen lopen even steil.
- Per minuut produceren beide gisten evenveel gas.
- De verschillen tussen de opgevangen hoeveelheden gas blijven even groot.

Bovenstaande beweringen gelden na enige tijd, vanaf circa 25 minuten.

Warmers

17 *IJzer(III)oxide bestaat uit de ionen Fe^{3+} en O^{2-}. De formule is Fe_2O_3.*
$4\ Fe + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$

18 Het roesten van ijzer is een exotherme reactie (bij de reactie komt warmte vrij).
Noem één van de volgende gegevens uit de tekst:
- … zijn er mee op te warmen. *(regel 1)*
- … een chemisch mengsel dat warm wordt … *(regel 2)*
- De buitenkant van het zakje wordt 50-60 graden C … *(regel 3)*
- … de warmteproducerende reactie … *(regel 14)*
- De actieve kool verdeelt de warmte … *(regel 15)*

19 De kleinere korrels (van pyrofoor ijzer) hebben een groter oppervlak dan dezelfde hoeveelheid ijzerpoeder. Hierdoor zullen er (per seconde) meer botsingen met de zuurstofmoleculen plaatsvinden ⇒ grotere reactiesnelheid ⇒ de warmer komt sneller op temperatuur.

20 Zonder zout sluit een oxidelaagje het ijzer af voor verdere reactie. Er kan dan minder ijzer reageren, zodat er minder warmte vrij zal komen (regels 10 t/m 15).

21 Pieter en Nel moeten het polypropyleen verwarmen. Uit de waarneming dat het polypropyleen zacht wordt, blijkt dat het een thermoplast is.

22 Pieter en Nel nemen drie gelijke hoeveelheden (zeer fijn verdeeld) ijzerpoeder en water. Aan één mengsel voegen ze niets toe, aan een tweede mengsel voegen ze actieve kool toe, aan het derde mengsel voegen ze zout toe.
Daarna bepalen ze van elk mengsel gedurende enige tijd de massatoename / de stijging van de temperatuur.
Als zout het roesten van ijzer versnelt, zal de massa sneller toenemen / de temperatuur sneller stijgen dan bij het mengsel van alleen ijzerpoeder en water.
Als actieve kool het roesten van ijzer niet versnelt, zal de massa / de temperatuur even snel toenemen als bij het mengsel van alleen ijzerpoeder en water.
Pieter en Nel kunnen ook (drie) opstellingen maken met een erlenmeyer en een gasmeetspuit, waarmee ze de snelheid waarmee het luchtvolume kleiner wordt (door de opname van zuurstofgas) kunnen vergelijken.

Chloor of fluor in kunststof

23 Hans toont met het rode lakmoespapiertje aan, dat er een zure stof vrijkomt. Zowel HF als HCl kan deze reactie geven. PTFE bevat echter geen H atomen en kan dus geen HF geven bij ontleding. Hans kan dus met zekerheid concluderen dat het staafje uit PVC bestaat.

© ThiemeMeulenhoff

Vuursteentjes

24 informatie over silica: silica geleidt elektrische stroom niet.
uitleg: mischmetaal is een mengsel van metalen dat wel stroom geleidt.
Als (niet verplichte) toelichting op het niet geleiden van silica kun je vermelden dat silica een moleculaire stof is, of dat silica uit siliciumdioxide bestaat (Binas 66A), of dat silica uit de atoomsoorten Si en O bestaat die beide tot de niet-metalen behoren, of dat silica geen vrije elektronen bevat, of dat in silica alleen atoombindingen aanwezig zijn.
Als (niet verplichte) toelichting op de uitleg kun je vermelden dat mischmetaal vrije elektronen bevat, of dat mischmetaal metaalbindingen heeft.

25 $4\ La + 3\ O_2 \rightarrow 2\ La_2O_3$
(III) in lanthaan(III)oxide geeft aan dat de lading van het lanthaanion 3+ is.
De ionverhouding met het oxide-ion (O^{2-}) is 2 : 3.

26 *Mogelijke antwoorden:*
- de oxidelaag wegschuren
- met een zuur behandelen (dat met de oxidelaag reageert)
- de oxidelaag verwijderen

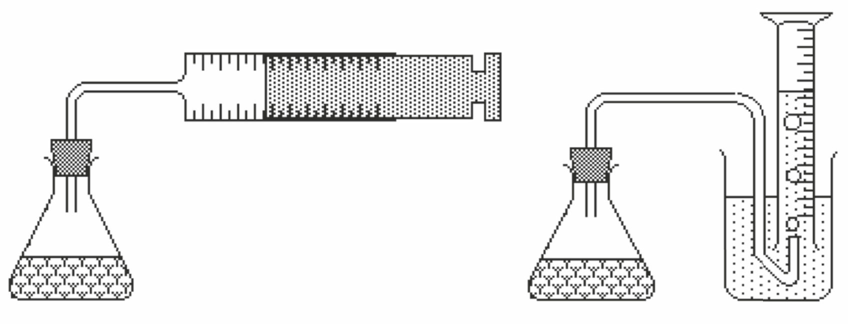
Reactiesnelheidsmeting

27 De helling van de grafiek tussen 50 en 100 seconden (toename van O_2 met meer dan 0,8 mmol) is groter dan tussen t = 100 s en t = 150 s (toename van O_2 met 0,5 mmol).

28 Er wordt maximaal 3,85 mmol O_2 gevormd (afgelezen uit het diagram).
De molverhouding bij de ontledingsreactie tussen H_2O_2 en O_2 bedraagt 2 : 1 (zie opgave).
3,85 mmol zuurstof is dus gevormd uit 2 · 3,85 = 7,70 mmol = $7{,}70 \cdot 10^{-3}$ mol H_2O_2.
1 mol H_2O_2 = 34,015 g (Binas 98) $\Rightarrow$ $7{,}70 \cdot 10^{-3}$ mol H_2O_2 = $7{,}70 \cdot 10^{-3}$ mol · 34,015 g mol^{-1} = 0,262 g (3 significante cijfers).

Schelp

29



met een gasmeetspuit met een omgekeerde maatcilinder

30 De grafiek loopt steeds minder steil, de massa-afname per tijdseenheid wordt steeds kleiner.

© ThiemeMeulenhoff

31 De beginmassa van de schelp bedraagt 2,65 gram, de eindmassa 1,56 gram.
Er is dus 2,65 – 1,56 = 1,09 gram koolstofdioxide ontweken.
De molaire massa van CO_2 is 44,010 g mol^{-1} (Binas 98) $\Rightarrow$ een massa van 1,09 g CO_2 komt overeen met $\frac{1{,}09\ g}{44{,}010\ g\ mol^{-1}} = 2{,}48 \cdot 10^{-2}$ mol CO_2.
Bij aflezen van een beginmassa van 2,64 g is de uitkomst $2{,}45 \cdot 10^{-2}$ mol CO_2.

32 Uit de reactievergelijking blijkt dat het aantal mol $CaCO_3$ dat reageert even groot is als het aantal mol CO_2 dat ontstaat, dus $2{,}48 \cdot 10^{-2}$ mol. De massa van $CaCO_3$ is 100,09 g. (Binas 98), zodat de massa van $CaCO_3$ $2{,}48 \cdot 10^{-2}$ mol · 100,09 g mol^{-1} = 2,48 g bedraagt. De schelp had een massa van 2,65 g (zie diagram in opgave). Hieruit volgt een massapercentage aan $CaCO_3$ van $\frac{2{,}48\ g}{2{,}65\ g} \cdot 100\% = 93{,}6\%$ (3 significante cijfers).

33 Door de te lage hoeveelheid CO_2 vinden de leerlingen een te lage massa voor het $CaCO_3$. Dus Bianca en Hesja hebben een te laag massapercentage berekend.

34 De reactiesnelheid is groter door de hogere concentratie van het zoutzuur.
CO_2 ontwijkt dus sneller $\Rightarrow$ de balans geeft een massa aan die kleiner is dan 2,12 g.

© ThiemeMeulenhoff

Oefenen met hele examens, met hints om je op weg te helpen en uitleg bij de goede antwoorden.

Deel 2a Examens met uitwerkingen

Examen 2016-I

Amber

'Schat' in buik van dode potvis Grote Pier

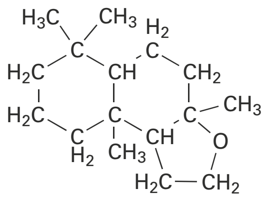
In december 2012 is er op een zandplaat bij Texel een potvis aangespoeld. Medewerkers van Natuurcentrum Ecomare hebben deze potvis ontleed. Daarbij werden in de buik van de potvis vijf brokken ambergrijs ontdekt met een totale massa van ongeveer 83 kilogram. De geschatte waarde van de vondst is minimaal een half miljoen euro.
Ambergrijs is zeldzaam en wordt gebruikt als grondstof in de parfumindustrie.

naar: Algemeen Dagblad

De geur van ambergrijs ontstaat door een combinatie van verschillende stoffen. Om deze geurstoffen te isoleren wordt in een laboratorium van een parfumfabriek een stuk ruw ambergrijs in een mortier zo fijn mogelijk gemaakt en in een geschikt oplosmiddel gebracht. Het verkregen mengsel wordt gefiltreerd en het filtraat wordt verder opgewerkt.

2p **1** Leg uit waardoor per seconde meer geurstof oplost wanneer het ambergrijs wordt fijngemaakt, dan wanneer het niet zou worden fijngemaakt. Gebruik in je antwoord minstens één begrip op microniveau.

Eén van de karakteristieke geurstoffen in ambergrijs is ambrox. De structuurformule van ambrox is hieronder weergegeven:



De meeste geurstoffen zijn hydrofoob.

2p **2** Leg uit, aan de hand van de bovenstaande structuurformule, of ambrox een hydrofobe stof is.

Ambrox wordt ook verwerkt in sommige huisparfums (luchtverfrissers).
Mevrouw Steenkamp koopt een dergelijke huisparfum met verstuiver. Zij spuit hiermee één keer in haar woonkamer. Na enige tijd heeft de damp zich gelijkmatig over de woonkamer verspreid. Om ambrox te kunnen ruiken moet de geurdrempel overschreden worden.
De geurdrempel is de laagste concentratie van een gasvormige stof in lucht die waarneembaar is voor de mens. Door één keer te spuiten met de huisparfum is $5{,}7 \cdot 10^{-4}$ g ambrox in de woonkamer aanwezig.

2p **3** Laat dit zien met een berekening aan de hand van de volgende gegevens:
- Eén keer spuiten komt overeen met 0,085 mL vloeistof;
- de huisparfum bevat 0,72 volumeprocent ambrox;
- de dichtheid van ambrox is 0,939 g mL^{-1}.

3p **4** Laat met een berekening zien of na één keer spuiten in de woonkamer de geurdrempel van ambrox (= $3 \cdot 10^{-4}$ cm^3 m^{-3}) overschreden wordt.
Maak hierbij gebruik van de volgende gegevens:
- De molecuulformule van ambrox is $C_{16}H_{28}O$;
- 1,0 mol damp heeft een volume van $2{,}45 \cdot 10^{-2}$ m^3;
- het volume van de woonkamer is 140 m^3;
- alle ambrox is verdampt.

‘Groene’ airbag

Een airbag in een auto is een veiligheidsvoorziening die inzittenden bij een botsing moet beschermen. De airbag wordt dan in zeer korte tijd gevuld met een gas.
In onderstaande tekst wordt een nieuw ontwerp beschreven dat in vergelijking met de huidige airbags een verbetering betekent op milieugebied.

Een fabrikant van airbags voor de auto-industrie heeft een nieuw milieuvriendelijk concept ontwikkeld. Het systeem maakt gebruik van de gassen waterstof en zuurstof in combinatie met argon om de airbag op te blazen wanneer een botsing plaatsvindt.
Door middel van een ontstekingsmechanisme vindt er een chemische reactie plaats. Na de reactie is de airbag gevuld met een mengsel van waterdamp en argon.
Het nieuwe systeem is in 2012 in productie gegaan voor een Europese autofabrikant.

naar: www.autoliv.com

Argon staat in groep 18 van het periodiek systeem.

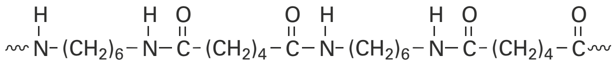
1p **5** Geef de algemene naam van de elementen die in groep 18 van het periodiek systeem staan.

2p **6** Geef de vergelijking van de reactie die in de tekst wordt beschreven.

Bij de optredende reactie komt warmte vrij. Samen met het argon dat in de airbag wordt geblazen, zorgt de reactie ervoor dat de airbag bij een botsing tot het gewenste volume wordt opgeblazen.
Uit de warmte die bij de reactie vrijkomt, kan worden berekend hoeveel gram waterdamp wordt gevormd.

3p **7** Geef deze berekening.
Maak hierbij gebruik van:
- een gegeven uit Binas-tabel 57A;
- het gegeven dat bij de reactie $9{,}5 \cdot 10^3$ J aan warmte vrijkomt (omgerekend naar T = 298 K, $p = p_0$).

De vrijgekomen warmte wordt opgenomen door het airbagkussen dat gemaakt is van de kunststof nylon-6,6 HT. De aanduiding HT staat voor High Tenacity (= hoge sterkte).
Hieronder is een fragment van de structuurformule van nylon-6,6 weergegeven:



2p **8** Geef de structuurformules van de twee monomeren waaruit nylon-6,6 is gevormd.

Uit de toevoeging HT bij nylon-6,6 blijkt dat er verschillende kunststoffen op basis van nylon-6,6 bestaan. De overeenkomst tussen deze kunststoffen is dat ze nylon-6,6 bevatten.

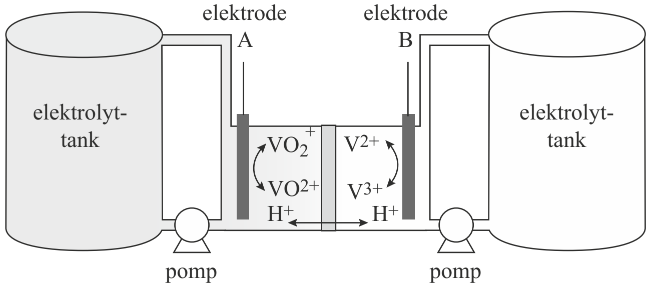
2p **9** Noem twee mogelijke verschillen tussen verschillende kunststoffen op basis van nylon-6,6.

2p **10** Noem twee stofeigenschappen die gewenst/noodzakelijk zijn voor de kunststof op basis van nylon-6,6 die voor airbags wordt gebruikt en leg uit waarom deze stofeigenschappen voor airbags van belang zijn.
Noteer je antwoord als volgt:

stofeigenschap	uitleg

Fotonenboer

Een type batterij dat tegenwoordig weer in de belangstelling staat, is de zogenoemde flow-batterij.
Een voorbeeld hiervan is de vanadium-redox-flow-batterij. Deze oplaadbare batterij wordt afgekort als VRFB (V is het symbool van het element vanadium).
In onderstaande figuur is deze batterij schematisch weergegeven. Met de formules bij de elektroden zijn de omzettingen zowel bij het opladen als bij de stroomlevering weergegeven.



In de VRFB kan elektrische energie worden opgeslagen die wordt geproduceerd door bijvoorbeeld zonnecellen. De twee halfcellen in de VRFB zijn verbonden met relatief grote opslagtanks die zijn gevuld met een zwavelzuuroplossing waarin ook vanadiumverbindingen zijn opgelost.
De elektrolyt wordt rondgepompt (‘flow’) langs de elektroden. De elektroden reageren zelf niet mee in de redoxreacties.
Beide halfcellen zijn van elkaar gescheiden door een membraan dat alleen H^+ ionen kan doorlaten.
Wanneer de batterij nog niet is opgeladen, bevatten de linker-halfcel en de daarop aangesloten tank een oplossing waarin vanadylionen (VO^{2+}) als enige vanadium bevattende deeltjes voorkomen. De rechter-halfcel en de daarop aangesloten tank bevatten een oplossing waarin vanadium(III)sulfaat als enige vanadium bevattende stof is opgelost.

2p **11** Geef de formule van vanadium(III)sulfaat.

Tijdens het opladen van de batterij vinden aan de elektroden de volgende halfreacties plaats:
elektrode A: $VO^{2+} + H_2O \rightarrow VO_2^+ + 2\,H^+ + e^-$
elektrode B: $V^{3+} + e^- \rightarrow V^{2+}$

Zowel tijdens het opladen als tijdens de stroomlevering bewegen H^+ ionen in de VRFB van de ene naar de andere halfcel.
2p **12** Bewegen de H^+ ionen tijdens de stroomlevering van elektrode A naar elektrode B of omgekeerd? Licht je antwoord toe.

Onderstaande tekst gaat over de toepassing van een VRFB in de praktijk van een boerenbedrijf.

Welkom bij de fotonenboer

Een boerenbedrijf oogst doorgaans graan en gras en produceert melk. Op melkveehouderij ’t Spieker in Vierakker (Gelderland) gaan we echter een flinke stap verder. We oogsten lichtdeeltjes (fotonen) van de zon met een grote hoeveelheid zonnepanelen op het dak van onze stal. Deze lichtdeeltjes worden omgezet in elektrische energie. En daar is veel van nodig op een boerenbedrijf, bijvoorbeeld voor onze twee melkrobots. Het eventuele overschot aan energie slaan we op in een grote batterij (VRFB) op ons erf voor gebruik op een ander moment.

naar: www.fotonenboer.nl

De opslagtanks bevatten elk 3,0 m^3 elektrolytoplossing. Een belangrijke eigenschap van flow-batterijen is de zogenoemde energiedichtheid van de elektrolytoplossing. Dit is de hoeveelheid energie die per kg elektrolytoplossing kan worden geleverd. De energiedichtheid wordt uitgedrukt in Wh kg^{-1} (wattuur per kg).

4p **13** Bereken de energiedichtheid van de elektrolytoplossing van de VRFB.
Gebruik de volgende gegevens:
- De VRFB is volledig opgeladen, waarbij $[V^{2+}]$ = 1,6 mol L^{-1} en $[VO_2^+]$ = 1,6 mol L^{-1};
- V^{2+} en VO_2^+ worden volledig omgezet bij stroomlevering;
- de dichtheid van beide oplossingen bedraagt 1,2 kg L^{-1};
- 1 mol elektronen komt overeen met 38 Wh.

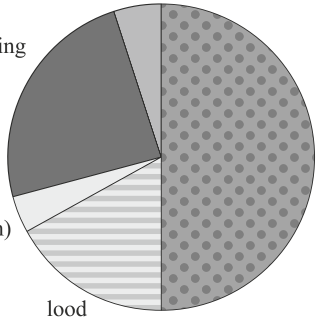
De fotonenboer gebruikt de opgeslagen energie nu nog in zijn eigen bedrijf. In de toekomst zou de energie die is opgeslagen in de elektrolytoplossingen, kunnen worden toegepast in elektrische auto’s die zijn uitgerust met een VRFB. In een publicatie over die toepassing is de tekening hiernaast opgenomen.

In deze tekening wordt het tanken van elektrolyt bij de fotonenboer voorgesteld als het tanken van benzine bij auto's met een benzinemotor.
Bij een auto met een VRFB zal het tanken echter anders moeten worden uitgevoerd.

3p **14** Beschrijf globaal hoe het tanken bij zo'n auto zal moeten worden uitgevoerd.[1)]

Loodaccu's recyclen

Volgens een studie van de United Nations Environment Programme worden wereldwijd ieder jaar 325 miljoen loodaccu's geproduceerd met een gemiddelde massa van 17,2 kg.
De samenstelling van deze accu's is hieronder weergegeven.



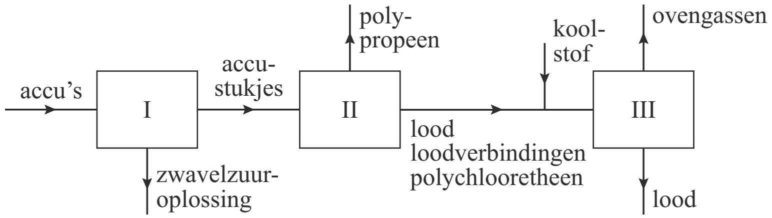
Helaas hebben loodaccu's een beperkte levensduur. Kapotte accu's worden op grote schaal gerecycled. Het metaal lood dat uit de accu's wordt teruggewonnen, is niet alleen afkomstig uit het lood maar ook uit de loodverbindingen. Het terugwinnen van lood uit accu's levert geld op, want lood is een waardevol metaal.

2p **15** Geef twee andere redenen om het lood terug te winnen uit accu's.

3p **16** Bereken het totale aantal kg Pb (zowel in het metaal lood als in loodverbindingen) dat een loodaccu van 17,2 kg bevat.
Gebruik hierbij de volgende gegevens:
- De gemiddelde molaire massa van de loodverbindingen is 293 g mol^{-1};
- één mol loodverbindingen bevat één mol Pb.

1) Hier is niet bedoeld dat de VRFB ter plekke weer wordt opgeladen.

Hieronder is het blokschema weergegeven van het recycleproces.



In ruimte I worden de accu's in kleine stukjes gemalen en wordt de zwavelzuuroplossing verwijderd. Ruimte II is een grote bak met water.
Het polypropeen drijft op het water en wordt van het oppervlak afgeschoven.
De andere materialen (lood, loodverbindingen en polychlooretheen) zakken naar de bodem. Deze materialen worden naar een oven (ruimte III) overgebracht en daar samen met koolstof verhit tot 1400 °C. In deze oven smelt het lood en treden verschillende reacties op.
Bij deze reacties ontstaan zogenoemde ovengassen. Koolstofdioxide, zwaveldioxide en waterstofchloride vormen de hoofdbestanddelen van deze ovengassen. In ruimte III ontstaat ook vloeibaar lood uit de loodverbindingen.

2p **17** Wat is de naam van de scheidingsmethode die wordt toegepast in ruimte II?
Geef ook aan op het verschil in welke stofeigenschap deze methode berust.
Noteer je antwoord als volgt:
De scheidingsmethode is ………. en deze methode berust op het verschil in ………….

De vergelijking van één van de reacties die optreedt in ruimte III is hieronder weergegeven.

$PbO_2(s) + C(s) \rightarrow Pb(s) + CO_2(g)$ reactie 1

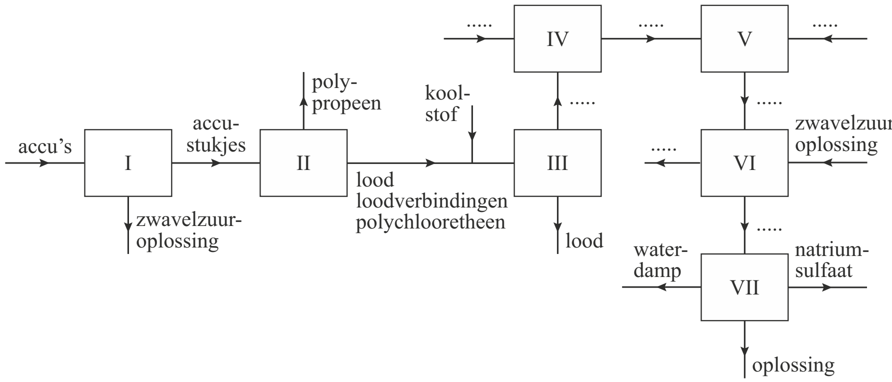
2p **18** Bereken de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol Pb (bij T = 298 K en $p = p_0$). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57A.

Zwaveldioxide en waterstofchloride die in ruimte III ontstaan, mogen niet in de lucht worden geloosd.

2p **19** Noem twee ongewenste effecten van zwaveldioxide en/of waterstofchloride op de kwaliteit van lucht en/of water en/of bodem.
Vermeld bij elk effect door welk gas (zwaveldioxide of waterstofchloride) het wordt veroorzaakt.
Noteer je antwoord als volgt:
ongewenst effect 1: ………………...... veroorzaakt door …………. .
ongewenst effect 2: ………………….. veroorzaakt door …………. .

Zwaveldioxide en waterstofchloride worden uit de ovengassen verwijderd. Hieronder is in de bijlage bij vraag 20 het blokschema uitgebreid met de ruimtes IV tot en met VII. Met behulp van dat uitgebreide blokschema kan de verwijdering van zwaveldioxide en waterstofchloride uit de ovengassen worden weergegeven.

bijlage bij vraag 20



De verwijdering van zwaveldioxide en waterstofchloride verloopt als volgt:
- In ruimte IV worden de ovengassen in contact gebracht met een overmaat natronloog. Hierbij ontstaan opgelost natriumsulfiet, opgelost natriumchloride en opgelost natriumcarbonaat.
- In ruimte V worden de sulfietionen met behulp van zuurstofmoleculen omgezet tot sulfaationen.
- In ruimte VI wordt zoveel zwavelzuuroplossing toegevoegd dat alle hydroxide-ionen worden omgezet tot watermoleculen en alle carbonaationen worden omgezet tot koolstofdioxidemoleculen.
- In ruimte VII wordt de oplossing gedeeltelijk ingedampt. Het natriumsulfaat dat daarbij uitkristalliseert, kan worden gebruikt bij het maken van glas of wasmiddel.

4p **20** Noteer in de bovenstaande bijlage letters van de onderstaande stoffen bij de juiste pijlen. Houd er rekening mee dat sommige letters bij meer dan één pijl kunnen voorkomen.
A koolstofdioxide
B natronloog
C opgelost natriumcarbonaat
D opgelost natriumchloride
E opgelost natriumsulfaat
F opgelost natriumsulfiet
G waterstofchloride
H zuurstof
I zwaveldioxide

2p **21** Geef de vergelijking van de reactie die optreedt in ruimte V.

2p **22** Geef twee redenen waarom in ruimte VI een zwavelzuuroplossing wordt toegevoegd en niet een oplossing van salpeterzuur. Maak hierbij onder andere gebruik van het blokschema in de bijlage.

Zuurstofmakende methaangoochelaar

'Elke reactie waaruit energie vrijkomt, wordt wel ergens door een bacterie benut', stelt de Nijmeegse wetenschapper prof. Mike Jetten. Hij ontdekte een bacteriesoort die zuurstof vrijmaakt uit stikstofoxiden, om daar vervolgens methaan mee te verbranden. Deze soort heeft de naam *Methylomirabilis oxyfera* ('zuurstofmakende methaangoochelaar') gekregen. Volgens Jetten vind je deze bacterie in de zuurstofarme modder van bijna elke boerensloot. Zeker als daar een stevig met nitraat bemeste akker naast ligt.
De bacterie blijkt enzymen te bezitten voor de stapsgewijze omzetting van NO_3^- via NO_2^- tot NO. Volgens Jetten moet de bacterie een nog onbekend enzym bevatten dat NO omzet tot N_2 en O_2. Dit blijkt uit experimenten waarbij de bacteriën verschillende stoffen toegediend kregen die gemerkt waren met ^{15}N atomen. Er komt geen zuurstof vrij want dit wordt meteen gebruikt voor de reactie met methaan, dat ook voorkomt in zuurstofarme modder.

naar: C2W Life Sciences

Bij de reactie van methaan met zuurstof (regels 13-15) ontstaan dezelfde reactieproducten als bij de volledige verbranding van methaan.
De ontleding van NO (regel 11) en de daaropvolgende reactie van methaan met zuurstof kunnen in één reactievergelijking worden weergegeven.

3p **23** Geef deze reactievergelijking.

2p **24** Hoeveel protonen en hoeveel neutronen bevat een ^{15}N atoom?
Noteer je antwoord als volgt:
aantal protonen: …
aantal neutronen: …

Bij de experimenten met gemerkte verbindingen (regels 12 en 13) werd gebruikgemaakt van nitrietionen waarvan de N atomen ^{15}N atomen waren.
Ook nitrietionen met ^{14}N atomen die in de natuur verreweg het meest voorkomen, werden in hetzelfde experiment gebruikt. De N_2 moleculen die bij het experiment ontstonden, bleken drie verschillende massa's te hebben.

2p **25** Geef de molecuulmassa's (in u) van deze drie soorten N_2 moleculen.

De omzetting van NO_2^- tot NO (regels 9 en 10) is een redoxreactie.
Daarbij is NO_2^- de oxidator. De vergelijking van de halfreactie van deze omzetting is hieronder onvolledig weergegeven. De elektronen en de coëfficiënten ontbreken.

$$NO_2^- + H^+ \rightarrow NO + H_2O$$

2p **26** Deze vergelijking is onvolledig. Zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

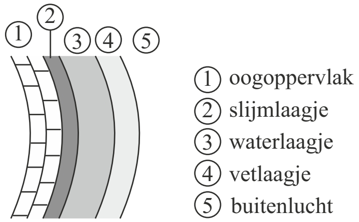
De experimenten met de bacteriën werden uitgevoerd in een licht basisch milieu met een pH van 7,3.

2p **27** Bereken de $[OH^-]$ in mol L^{-1} in een oplossing met pH = 7,3 (T = 298 K).

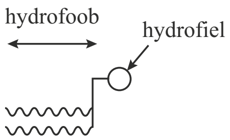
2p **28** Kan de uitspraak van Jetten in de regels 1 en 2 slaan op de ontleding van NO? Motiveer je antwoord met behulp van Binas-tabel 57A.

Traanfilm

Elke keer dat je met je ogen knippert, wordt traanvocht in een dun laagje gelijkmatig verdeeld over het oog. Dit dunne laagje wordt de traanfilm genoemd en dient om het oogoppervlak glad te houden en te beschermen tegen de buitenlucht. De traanfilm bestaat uit drie lagen: een slijmlaagje, een waterlaagje en een vetlaagje (zie de figuur hieronder).



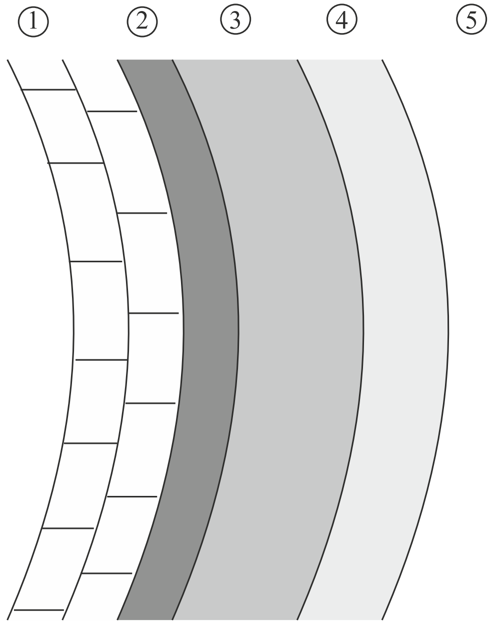
Het slijmlaagje, dat in direct contact staat met het oogoppervlak, zorgt voor een gelijkmatige verdeling en hechting van het waterlaagje.
Het waterlaagje zorgt voor de afvoer van bacteriën, vuil en stof.
Het vetlaagje voorkomt verdamping van het water en bevat onder andere fosfolipiden.
Hieronder is een fosfolipidemolecuul schematisch weergegeven:



Fosfolipiden maken het mogelijk dat het vetlaagje zich gelijkmatig verdeelt over het waterlaagje.

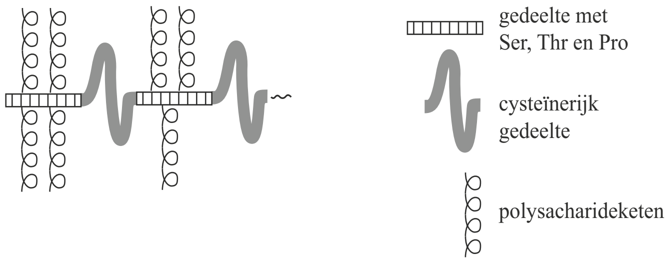
2p **29** Teken in de bijlage op de volgende pagina twee fosfolipidemoleculen in de traanfilm. Uit de tekening moet blijken dat door fosfolipidemoleculen het vetlaagje zich verdeelt over het waterlaagje. Teken de fosfolipidemoleculen op eenzelfde manier als hierboven.

bijlage bij vraag 29



Het slijmlaagje bevat mucines. Mucinemoleculen bestaan uit eiwitketens waaraan polysacharideketens zijn gebonden. Deze polysacharideketens geven mucinemoleculen een groot waterbindend vermogen. In figuur 2 is een fragment van een mucinemolecuul schematisch weergegeven.

figuur 2



2p **30** Verklaar met behulp van begrippen op microniveau waardoor de polysacharideketens een groot waterbindend vermogen geven aan mucinemoleculen.

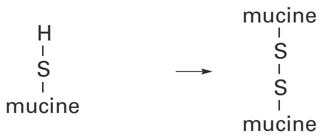
De eiwitketens van mucinemoleculen bestaan uit delen waarin het aminozuur cysteïne veel voorkomt en uit delen waar de aminozuren serine, threonine en proline veel voorkomen.
Het fragment ~Ser-Thr-Pro~ komt regelmatig voor in mucinemoleculen.

4p **31** Geef de structuurformule van dit fragment. Neem aan dat geen polysacharideketens zijn gebonden aan dit fragment. Maak gebruik van Binas-tabel 67H.

De cysteïnerijke delen van twee verschillende mucinemoleculen vormen door reactie met zuurstof crosslinks met elkaar. Bij deze reactie ontstaat ook water. In de onderstaande bijlage is de vergelijking van deze reactie onvolledig weergegeven.

3p **32** Maak de vergelijking in de bijlage compleet.

bijlage bij vraag 32



De polysacharideketens die in mucinemoleculen voorkomen, zorgen ervoor dat mucine een groot waterbindend vermogen heeft. Toch lost mucine niet op in water.

2p **33** Geef hiervoor een mogelijke verklaring.

Hints bij examen 2016-I

1 Gebruik het begrip ‘moleculen’ in je antwoord.

2 Welke bindingen in een molecuul geven aan dat een stof in water oplost? Bevat de structuurformule van ambergrijs deze bindingen?

3 0,72% van iets nemen, betekent vermenigvuldigen met 0,0072.

4 Bepaal met het gegeven aantal gram bij een keer spuiten hoeveel cm^3 ambrox er in de woonkamer aanwezig is.

6 Alleen stoffen die zelf reageren, mogen vermeld worden in de reactievergelijking.

7 Hoeveel warmte komt er vrij bij de vorming van 1 mol waterdamp?

8 Bij de vorming van amidebindingen wordt water afgesplitst.

9 De monomeren van de verschillende kunststoffen op basis van nylon-6,6 zijn hetzelfde. Wat kan er wel anders zijn bij die polymeren?

10 Bedenk waar je de airbag voor gebruikt. Noem alleen macro-eigenschappen.

11 De (Romeinse) III in de naam geeft de lading van het metaalion aan.

12 Bij stroomlevering treden de omgekeerde reacties op als bij het opladen.

13 Beide elektrolytoplossingen hebben dezelfde energiedichtheid.

14 De elektrolyten in de tanks worden bij het rijden omgezet in andere stoffen.

15 Hoe kom je aan lood als je het niet recyclet?

16 Bepaal apart hoeveel kg lood en hoeveel kg lood uit loodverbindingen de accu bevat.

17 Welke stofeigenschap bepaalt of iets drijft of zinkt?

18 Niet-ontleedbare stoffen hebben (per definitie) een vormingswarmte van 0.

19 Je kunt gebruikmaken van Binas 97A.

20 Alle deeltjes die een reactievat ingaan en daar niet reageren, gaan door naar het volgende reactievat (hier weergegeven als blokken).

21 Laat tribune-ionen (ionen die niet reageren) weg.

22 Kijk in het blokschema waar nog meer een zwavelzuuroplossing staat.

23 Schrijf de vergelijkingen van de opeenvolgende reacties apart op en tel ze dan op zoals je dat met halfreacties doet.

24 Het aantal neutronen is het massagetal min het aantal protonen.

25 De drie verschillende N_2 moleculen bevatten N atomen met massa 14 u en/of N atomen met massa 15 u.

26 Een oxidator neemt elektronen op.

27 Let op de significantie.

28 ontledingswarmte = – vormingswarmte

29 Soort zoekt soort.

30 Zorg dat alles dat je benoemt op microniveau is.

31 Proline heeft een afwijkende peptidebinding: zonder H.

32 Maak eerst O kloppend, dan H en dan de rest.

33 Wat gebeurt er met moleculen als een stof oplost? Waardoor kan dat hier niet?

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij examen 2016-I

Amber

2p **1** Als ambergrijs wordt fijngemaakt, dan wordt het oppervlak groter. [1p]
Daardoor botsen er meer oplosmiddelmoleculen (per seconde) tegen het oppervlak van de ambergrijsdeeltjes (waardoor er meer stof in oplossing gaat). [1p]

2p **2** Ambrox bevat geen OH of NH groepen (of andere polaire groepen). [1p]
De stof is dus hydrofoob. [1p]

2p **3** 0,085 mL vloeistof met 0,72 volume% ambrox bevat $\frac{0{,}72}{100} \cdot 0{,}085 = 6{,}12 \cdot 10^{-4}$ mL [1p] ambrox. 1 mL ambrox heeft een massa van 0,939 g (gegeven) $\Rightarrow$
$6{,}12 \cdot 10^{-4}$ mL heeft een massa van $6{,}12 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}939$ g $= 5{,}7 \cdot 10^{-4}$ g. [1p]

3p **4** Eén keer spuiten komt overeen met $5{,}7 \cdot 10^{-4}$ g ambrox (zie opgave).
De massa van 1 mol ambrox ($C_{16}H_{28}O$) is $16 \cdot 12{,}01 + 28 \cdot 1{,}008 + 16{,}00 = 236{,}4$ g (Binas 99).

$5{,}7 \cdot 10^{-4}$ g ambrox komt dus overeen met $\frac{5{,}7 \cdot 10^{-4}\ \text{g}}{236{,}4\ \text{g mol}^{-1}} = 2{,}41 \cdot 10^{-6}$ mol ambrox. [1p]

1,0 mol ambroxdamp heeft een volume van $2{,}45 \cdot 10^{-2}$ m^3 (gegeven) $\Rightarrow$
$2{,}41 \cdot 10^{-6}$ mol ambrox heeft een volume van $2{,}41 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}45 \cdot 10^{-2} = 5{,}91 \cdot 10^{-8}$ m^3 $= 5{,}91 \cdot 10^{-2}$ cm^3. [1p] Dit bevindt zich in een woonkamer van 140 m^3 (gegeven).

De concentratie ambrox in de woonkamer is $\frac{5{,}91 \cdot 10^{-2}\ \text{cm}^3}{140\ \text{m}^3} = 4{,}2 \cdot 10^{-4}$ cm^3 m^{-3}.

Dat is meer dan $3 \cdot 10^{-4}$ cm^3 m^{-3}. Dus de geurdrempel is overschreden. [1p]

'Groene' airbag

1p **5** edelgassen

2p **6** $2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$
Na de reactie is er nog steeds argon aanwezig. Deze stof reageert dus niet mee en mag daarom niet in de reactievergelijking vermeld worden.
alleen H_2 en O_2 voor de pijl [1p], alleen H_2O na de pijl en kloppend gemaakt [1p]

3p **7** Bij de vorming van 1 mol waterdamp komt $2{,}42 \cdot 10^5$ J vrij (Binas 57A). [1p]

$9{,}5 \cdot 10^3$ J komt dus vrij bij de vorming van $\frac{9{,}5 \cdot 10^3}{2{,}42 \cdot 10^5} = 0{,}0393$ mol H_2O. [1p]

1 mol H_2O heeft een massa van 18,015 g (Binas 98). 0,0393 mol H_2O heeft dus een massa van $0{,}0393 \cdot 18{,}015 = 0{,}71$ g (2 significante cijfers). [1p]

2p **8** $H_2N{-}(CH_2)_6{-}NH_2$ en $HO{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}(CH_2)_4{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}OH$

Nylon-6,6 bevat amidebindingen: $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N}-$ *Deze ontstaan door de reactie van aminogroepen met zuurgroepen. Bij een copolymeer (verschillende monomeren) zijn het dan altijd diamines en dizuren.*

© ThiemeMeulenhoff

2p **9** *Voorbeelden van juiste verschillen zijn (geef er twee):*
- de ketenlengte / het aantal verbonden monomeren
- de aanwezigheid van weekmakers
- de aanwezigheid van vulstoffen
- de dichtheid

Andere macro-eigenschappen zoals hardheid en buigbaarheid zijn ook juist.

2p **10** *Voorbeelden van juiste eigenschappen met uitleg zijn (geef er twee):*
- sterkte; de airbag moet bestand zijn tegen de hoge druk / mag niet 'ontploffen'.
- vervormbaarheid; de airbag moet zich kunnen vormen naar de persoon die bij een botsing ermee in contact komt.
- smelttraject; de airbag mag niet smelten door de warmte die bij de reactie vrijkomt.
- de airbag moet gedurende lange tijd (in opgevouwen toestand en bij wisselende temperaturen) behouden blijven; een airbag kan jarenlang in een auto opgeborgen zitten.
- de kunststof moet min of meer gasdicht zijn; de airbag moet tijdens een botsing opgeblazen blijven.
- brandbaarheid; hoe minder brandbaar materiaal in een auto, hoe beter.

Fotonenboer

2p **11** $V_2(SO_4)_3$
De lading van het positieve deel van dit zout, het vanadiumion, is 3+ (aangegeven met III in de naam). De lading van het negatieve deel, het sulfaation, is 2–. In de verhoudingsformule van een zout is er evenveel positieve lading als negatieve lading.

2p **12** *Mogelijke antwoorden zijn:*
- Tijdens het opladen ontstaan H^+ ionen bij elektrode A (zie opgave) en deze zullen naar elektrode B bewegen. Bij stroomlevering treden de omgekeerde reacties op, [1p] dus gaan H^+ ionen van elektrode B naar elektrode A. [1p]
- Bij stroomlevering zijn voor de reactie bij elektrode A H^+ ionen nodig. [1p]
  De H^+ ionen gaan dus van elektrode B naar elektrode A. [1p]
- Bij stroomlevering gaan de elektronen van elektrode B (waar ze vrijkomen) naar elektrode A (waar ze opgenomen worden). [1p]
  Voor een gesloten stroomkring / elektrisch neutrale oplossingen moeten de H^+ ionen (positieve lading) dus ook van elektrode B naar elektrode A gaan. [1p]

4p **13** *Omdat het volume, de dichtheid en de concentraties van de oplossingen in beide tanks hetzelfde zijn, is de energiedichtheid dus ook hetzelfde. Je kunt dus rekenen met de gegevens van één tank.*
1 L elektrolytoplossing komt overeen met 1,6 mol V^{2+}/VO_2^+ (gegeven). Voor de omzetting van 1,6 mol V^{2+}/VO_2^+ is 1,6 mol elektronen nodig (zie gegeven reactievergelijkingen). [2p] 1 mol elektronen komt overeen met 38 Wh (gegeven).
1,6 mol elektronen komt dus overeen met $1{,}6 \cdot 38$ Wh $= 60{,}8$ Wh. [1p]
Dat is de energiedichtheid per liter. 1 L heeft een massa van 1,2 kg (gegeven).

De energiedichtheid per kilogram is dus $\frac{60{,}8\ \text{Wh}}{1{,}2\ \text{kg}} = 51$ Wh kg^{-1} (2 significante cijfers). [1p]

In plaats van te rekenen met 1 L mag je ook rekenen met het opslagtankvolume van 3,0 m^3.

3p **14** De auto moet twee tanks hebben. [1p] Deze moeten beide eerst geleegd worden. [1p]
Daarna moet elke tank gevuld worden met de juiste elektrolytoplossing. [1p]
De tanks kunnen mogelijk ook worden losgemaakt en door andere tanks, met de juiste elektrolytoplossingen, worden vervangen.

© ThiemeMeulenhoff

Loodaccu's recyclen

2p **15** *Voorbeelden van juiste redenen zijn (geef er twee):*
- Lood en loodverbindingen zijn giftig. Het is dus schadelijk voor mens en milieu als ze gestort worden.
- Er hoeft dan voor de productie van nieuwe accu's minder looderts uit de grond gehaald te worden, waardoor de loodvoorraad minder snel op raakt.
- Het omsmelten van oud lood tot bruikbaar lood kost minder energie dan al het benodigde lood uit looderts te halen.
- Zo voldoe je aan het cradle-to-cradleprincipe, waarbij je stoffen opnieuw gebruikt zonder afval.

3p **16** De loodaccu van 17,2 kg bevat 17 massa% lood (zie taartdiagram).

Dat komt overeen met $\frac{17}{100} \cdot 17{,}2 = 2{,}9$ kg lood.

De loodaccu bevat 50 massa% loodverbindingen (zie taartdiagram).

Dat komt overeen met $\frac{50}{100} \cdot 17{,}2 = 8{,}6$ kg loodverbindingen. [1p]

methode 1 (met massaverhouding)
1 mol loodverbinding heeft een massa van 293 g en bevat 1 mol Pb (gegeven) met een massa van 207,2 g (Binas 99).

verhouding in mol:	1 mol loodverbindingen	→	1 mol lood
mol → gram:	293 g		207,2 g
gegeven/gevraagd:	8,6 kg		*x* kg

$x = \frac{207{,}2}{293} \cdot 8{,}6$ kg = 6,1 kg lood. [1p]

In totaal bevat de loodaccu 2,9 + 6,1 = 9,0 kg lood (2 significante cijfers). [1p]
methode 2 (met molberekening)
1 kmol loodverbindingen heeft een massa van 293 kg (gegeven).

8,6 kg loodverbindingen komt dus overeen met: $\frac{8{,}6 \text{ kg}}{293 \text{ kg kmol}^{-1}} = 0{,}0294$ kmol lood-verbindingen. Dit komt overeen met 0,0294 kmol lood (gegeven molverhouding). [1p]
1 kmol lood heeft een massa van 207,2 kg (Binas 99).
0,029 kmol lood heeft dus een massa van 0,0294 · 207,2 = 6,1 kg lood.
In totaal bevat de loodaccu 2,9 + 6,1 = 9,0 kg lood (2 significante cijfers). [1p]

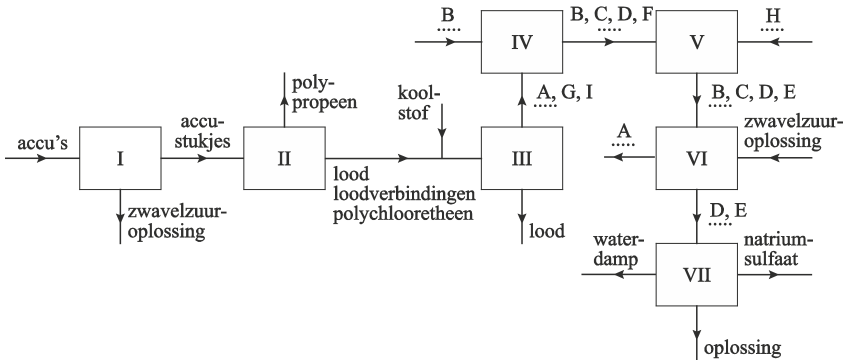
2p **17** De scheidingsmethode is bezinken en deze methode berust op het verschil in dichtheid.
Polypropeen gaat drijven en wordt door afschenken gescheiden. Afschenken mag dus ook goed gerekend worden. Dit berust ook op een verschil in dichtheid.
Het overgebleven mengsel zal daarna waarschijnlijk gefiltreerd worden, waarna het residu doorgaat naar ruimte III.

2p **18** De reactiewarmte van reactie 1 is $\Delta E = \sum E_{\text{vorming reactieproducten}} - \sum E_{\text{vorming beginstoffen}} = E_{\text{vorming lood}} + E_{\text{vorming koolstofdioxide}} - E_{\text{vorming lood(IV)oxide}} - E_{\text{vorming koolstof}} =$

$0 + -3{,}935 \cdot 10^5 + 2{,}77 \cdot 10^5 - 0 = -1{,}17 \cdot 10^5$ J (per mol Pb).
$+2{,}77 \cdot 10^5$ [1p], $-3{,}935 \cdot 10^5$ en optelling [1p]

2p **19** *Voorbeelden van mogelijke antwoorden zijn (geef er twee):*
- smogvorming, veroorzaakt door zwaveldioxide
- zure regen, veroorzaakt door zwaveldioxide en waterstofchloride
- giftig / schadelijk / bijtend bij inademen en/of contact met huid en ogen, veroorzaakt door zwaveldioxide en waterstofchloride (Binas 97A)

4p **20**



A en C bij juiste pijlen [1p], B bij juiste pijlen [1p], E, F en H bij juiste pijlen [1p], D, G en I bij juiste pijlen [1p]

2p **21** $2\ SO_3^{2-} + O_2 \rightarrow 2\ SO_4^{2-}$
sulfiet voor de pijl en alleen sulfaat na de pijl [1p], zuurstof voor de pijl en kloppend gemaakt [1p]

2p **22** *Voorbeelden van mogelijke redenen zijn (geef er twee):*
- Vanuit ruimte I komt zwavelzuur beschikbaar; dat kun je hergebruiken. Zo heb je minder afval en hoeft er geen apart zuur te worden aangeschaft.
- Anders ontstaat er ook natriumnitraat. Er ontstaat dan minder natriumsulfaat, dat gebruikt wordt voor andere toepassingen zoals glas of wasmiddel (zie opgave).
- Als er ook natriumnitraat ontstaat, is er een extra zuiveringsstap nodig.

Zuurstofmakende methaangoochelaar

3p **23** $CH_4 + 4\ NO \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O + 2\ N_2$
De vergelijking van de ontleding van NO is: $2\ NO \rightarrow N_2 + O_2$
Zuurstof reageert daarna door met methaan, zoals een verbranding (gegeven):
$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$
Als je deze twee vergelijkingen optelt, krijg je de totale vergelijking:
$2\ NO \rightarrow N_2 + O_2$ . . . . . 2×
$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$

$CH_4 + 2\ O_2 + 4\ NO \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O + 2\ N_2 + 2\ O_2$
Zuurstof streep je dan weg aan beide kanten van de pijl.
alleen CH_4 en NO voor de pijl [1p], alleen CO_2, H_2O, N_2 na de pijl [1p], kloppend gemaakt [1p]

2p **24** protonen: 7
neutronen: 8
Het aantal protonen is het atoomnummer van stikstof. Het aantal neutronen is: 15 – 7.

2p **25** 28, 29 en 30 u
De stikstofmoleculen bestaan uit ^{14}N en/of ^{15}N atomen. Dus de drie verschillende N_2 moleculen hebben een massa (in u) van: 14 + 14, 14 + 15 of 15 + 15.
28 en 30 [1p], 29 [1p]

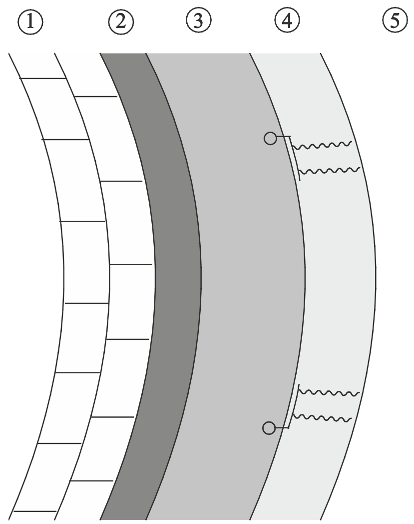
2p **26** $NO_2^- + 2\ H^+ + e^- \rightarrow NO + H_2O$
De oxidator neemt elektronen op dus e^- komt links van de reactiepijl.
e^- voor de pijl [1p], kloppend gemaakt en lading kloppend [1p]

2p **27** pH + pOH = 14,00 ⇒ pOH = 14,00 – pH = 14,00 – 7,3 = 6,7 [1p]
$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-6{,}7} = 2 \cdot 10^{-7}$ (1 significant cijfer). [1p]
Het aantal significante cijfers van $[OH^-]$ is gelijk aan het aantal decimalen van de pH.

2p **28** De vormingswarmte van NO is positief (Binas 57A). Er is dus energie nodig om NO te vormen. [1p] Bij de ontleding van NO komt dan energie vrij. De uitspraak van Jetten kan daarom ook slaan op de ontleding van NO. [1p]

Traanfilm

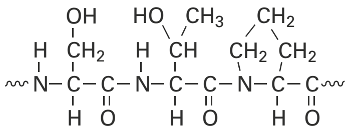
2p **29**



Het hydrofobe deel van het fosfolipidemolecuul gaat in het (eveneens hydrofobe) vetlaagje (4) zitten. De hydrofiele 'kop' gaat in het waterlaagje (3) zitten.
twee fosfolipidemoleculen deels in vet en deels in water [1p], staarten in vet en koppen in water [1p]

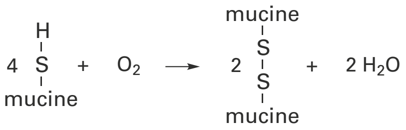
2p **30** De polysacharideketens bevatten OH groepen (Binas 67F3). [1p]
Deze vormen waterstofbruggen met watermoleculen. [1p]

4p **31**



peptidebinding tussen serine en threonine [1p], peptidebinding tussen threonine en proline [1p], zijgroepen [1p], uiteinden en de rest van structuurformule [1p]

3p **32**



O_2 voor de pijl en H_2O na de pijl [1p], O en S kloppend [1p], H kloppend [1p]

2p **33** *Mogelijke antwoorden:*
- Doordat de ketenmoleculen onderling verbonden zijn via crosslinks kunnen de eiwitketens niet loskomen van elkaar. Mucine lost dus niet op.
- Door de crosslinks/zwavelbruggen komen er in mucine geen losse moleculen meer voor en kunnen er dus geen moleculen in oplossing gaan.

crosslinks/dwarsverbindingen/zwavelbruggen [1p], conclusie: lost niet op [1p]

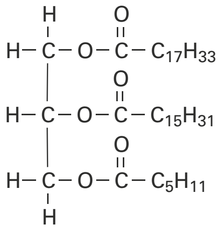
© ThiemeMeulenhoff

Examen 2016-II

Kiwi-kwarktaart

Hiske wil haar vader verrassen met een heerlijke kwarktaart met kiwi.
Deze kwarktaart maakt zij met behulp van een kant-en-klaarpakket, dat een 'bodemmix' en een 'taartmix' bevat. Met de taartmix, kwark, slagroom en water maakt Hiske een luchtig mengsel dat zij op de taartbodem schenkt. Ze plaatst de taart vervolgens in de koelkast om op te stijven.
Net voor het serveren versiert ze de taart met plakjes kiwi.

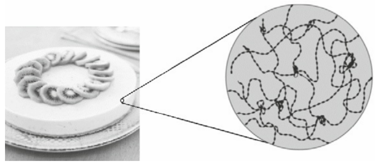
In het kwarkmengsel wordt slagroom gebruikt. Slagroom is een emulsie van voornamelijk water en vet. Ook is een stof aanwezig die dit mengsel stabiel houdt (ontmengen voorkomt). Een molecuul van een vet dat in slagroom kan voorkomen, is hieronder in structuurformule weergegeven.
In dit molecuul is een molecuul glycerol veresterd met een molecuul oliezuur, een molecuul palmitinezuur en één ander molecuul.



2p **1** Geef de systematische naam van het andere molecuul.

2p **2** Licht toe dat in slagroom, behalve water en vet, een stof aanwezig is die ontmengen voorkomt. Geef je toelichting op macroniveau met behulp van de begrippen hydrofiel, hydrofoob en het begrip dat voor dit type stof gebruikt wordt.

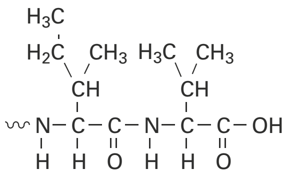
De taartmix bevat gelatine. Gelatine is in water oplosbaar en bestaat uit eiwitten. Bij dalende temperatuur vormen de eiwit-moleculen met behulp van waterstofbruggen een netwerkachtige structuur. Daarbij worden andere stoffen in het kwarkmengsel ingesloten en ontstaat een stevig geheel.



De fabrikant van het kant-en-klaarpakket waarschuwt dat verse kiwi niet door het kwarkmengsel moet worden geroerd. De taart kan dan niet opstijven en zal bovendien bitter gaan smaken. Kiwi bevat namelijk het enzym actinidase, dat vrijkomt wanneer verse kiwi wordt gesneden of gepureerd. Dit enzym verbreekt peptidebindingen in eiwitten.

2p **3** Leg uit dat actinidase ervoor zorgt dat de taart niet opstijft.

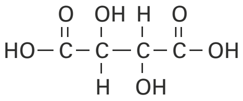
Kwark en slagroom bevatten eiwitten, zoals het eiwit caseïne. Daaruit kunnen door actinidase aminozuren worden afgesplitst. Sommige aminozuren, zoals valine, hebben een bittere smaak. In de onderstaande figuur is de structuurformule van het uiteinde van een molecuul caseïne weergegeven. In dit eiwitfragment komen de aminozuren isoleucine en valine voor. Bij de hydrolyse van de peptidebinding tussen deze twee aminozuren ontstaat het bitter smakende valine.



3p **4** Maak in de bovenstaande figuur de vergelijking af van de hydrolyse waarbij uitsluitend het bitter smakende valine wordt afgesplitst. Gebruik daarbij structuurformules voor de organische verbindingen.

Wijn zonder droesem

In wijn kan bij lage temperaturen een bezinksel ontstaan dat ‘droesem’ wordt genoemd. Droesem bestaat voornamelijk uit onopgeloste zouten zoals kaliumwaterstoftartraat en calciumtartraat. Deze stoffen worden gevormd uit wijnsteenzuur ($C_4H_6O_6$) dat in de wijn aanwezig is. De structuurformule van wijnsteenzuur is weergegeven in onderstaande figuur. Een molecuul wijnsteenzuur kan in oplossing achtereenvolgens twee H^+ ionen afstaan, waarbij eerst het waterstoftartraation en vervolgens het tartraation ontstaat.

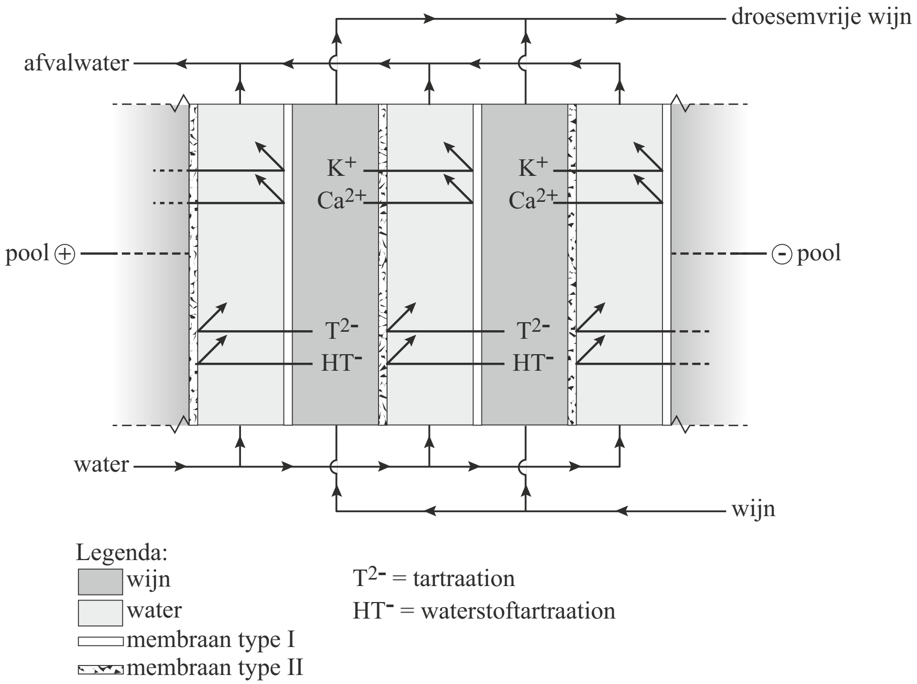


2p **5** Geef aan, aan de hand van de structuurformule van wijnsteenzuur, dat wijnsteenzuur goed oplosbaar is in water. Licht je antwoord toe op microniveau.

1p **6** Geef de verhoudingsformule van calciumtartraat.

3p **7** Leg uit aan de hand van een berekening dat calciumtartraat behoort tot de slecht oplosbare zouten. Gebruik hierbij de informatie over het begrip ‘slecht oplosbaar’ uit Binas-tabel 45A. Neem aan dat de oplosbaarheid van calciumtartraat 0,38 g L^{-1} is.

Om droesemvorming te voorkomen, moeten de ionen waaruit de droesem kan ontstaan, worden verwijderd uit de wijn. Hiervoor kan men de wijn behandelen door middel van elektrodialyse. Bij dit proces stroomt de wijn tussen twee typen membranen, terwijl aan de andere kant van elk membraan water stroomt.
Een membraan is een dun vlies dat twee ruimtes van elkaar scheidt. Haaks op de stroomrichting van de vloeistof is een verschil in spanning aangelegd. Hierdoor verplaatsen de ionen zich door de membranen vanuit de wijn naar het water zoals vereenvoudigd is weergegeven in onderstaande figuur. In deze figuur is een gedeelte uit het midden van een lange serie aaneengeschakelde cellen weergegeven.

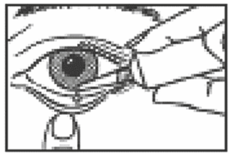


2p **8** Leg uit aan de hand van deze figuur dat de twee typen membranen niet identiek kunnen zijn.

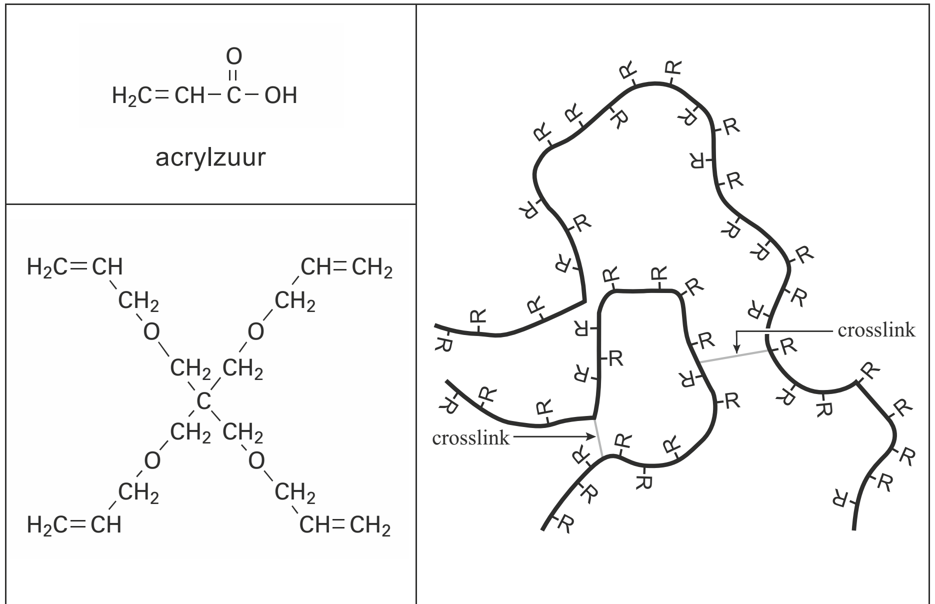
Tijdens de elektrodialyse volgt men het proces door regelmatig het geleidingsvermogen van de wijn te meten. Wanneer daaruit blijkt dat droesemvorming voldoende is voorkomen, stopt men de elektrodialyse.

2p **9** Leg uit waarom de afname van het elektrisch geleidingsvermogen aangeeft dat minder droesemvorming zal plaatsvinden.

Kunsttranen



Traanvocht beschermt het oogoppervlak tegen uitdroging. Een tekort aan traanvocht kan een pijnlijk en branderig gevoel veroorzaken. Deze symptomen kunnen worden bestreden met kunstmatig traanvocht uit een druppelflesje, de zogenoemde kunsttranen.
Kunsttranen bevatten een bevochtigingsmiddel dat het eigen traanvocht dikker maakt en uitdroging van het hoornvlies voorkomt.
Als bevochtigingsmiddel worden carbomeren gebruikt. Carbomeren zijn stoffen die worden gevormd door additiepolymerisatie van acrylzuur met een stof die voor dwarsverbindingen zorgt, een zogenoemde crosslinker.
Een voorbeeld van een crosslinker die wordt gebruikt bij de productie van carbomeren is TAPE. De structuurformules van acrylzuur en TAPE, evenals een schematische weergave van een gedeelte van een mogelijk carbomeermolecuul, zijn weergegeven in onderstaande figuur.



acrylzuur — TAPE — carbomeer (R = carboxylgroep)

3p **10** Geef in structuurformule een gedeelte weer van een additiepolymeer van acrylzuur. Het weergegeven gedeelte moet komen uit het midden van de polymeerketen en moet bestaan uit drie acrylzuureenheden.

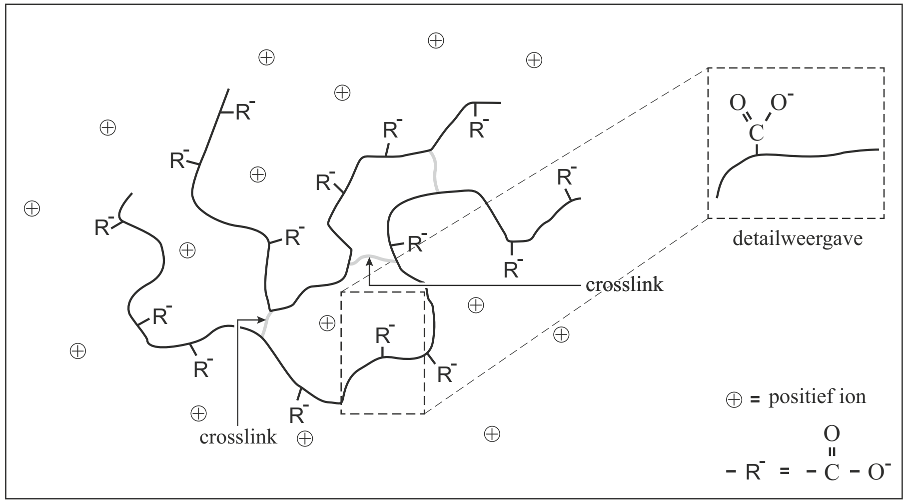
2p **11** Leg uit dat crosslinks ontstaan wanneer polymerisatie optreedt in een mengsel van acrylzuur en TAPE.

Een bepaald soort kunsttranen wordt gemaakt uit een mengsel dat voornamelijk uit water en een klein beetje carbomeer bestaat. Dit mengsel heeft echter een te hoge concentratie H^+ ionen (pH = 3,7) om in de ogen te druppelen. Daarom is aan het mengsel ook natriumhydroxide toegevoegd, zodat de pH van de kunsttranen gelijk is aan de pH van natuurlijk traanvocht (pH = 7,3).

1p **12** Geef een reden waarom natriumhydroxide geschikt is voor gebruik in deze kunsttranen.

2p **13** Bereken de $[H^+]$ in een vloeistof met pH = 3,7.

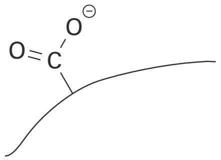
Bij pH = 7,3 is het merendeel van de carboxylgroepen omgezet tot ‘carboxylaat’-groepen (R^-). Het carbomeer zwelt daardoor op. Het waterbindend vermogen van het geïoniseerde carbomeer is hoger dan wanneer dit carbomeer carboxylgroepen bevat. In onderstaande figuur is een gedeelte van een geïoniseerd carbomeerdeeltje in een zoutoplossing schematisch weergegeven.



In het opgezwollen carbomeer zijn de carboxylaatgroepen gehydrateerd.
In de bijlage is de detailweergave uit bovenstaande figuur nogmaals weergegeven.

2p **14** Teken in de bijlage hoe een carboxylaatgroep gehydrateerd wordt door twee watermoleculen. Geef elk watermolecuul in structuurformule weer.

bijlage bij vraag 14



2p **15** Leg uit of een carbomeer minder, evenveel of meer zal opzwellen bij pH = 7,3 wanneer bij een gelijkblijvende hoeveelheid acrylzuur meer crosslinker is gebruikt.

Hybrideauto

Hybrideauto's zijn uitgerust met zowel een benzine- als een elektromotor. Afhankelijk van de rijomstandigheden wordt de auto aangedreven door de elektromotor, door de benzinemotor of door beide motoren tegelijkertijd.
De benzinemotor wordt aangedreven door de verbranding van benzine.
Een batterij levert de elektrische energie die nodig is om de elektromotor aan te drijven. De combinatie van deze twee motoren zorgt ervoor, dat het benzineverbruik van een hybrideauto lager is dan van een benzineauto.
Hierdoor is de uitstoot van CO_2 door de hybrideauto lager en komen er ook minder andere ongewenste stoffen vrij.

2p **16** Noem twee andere ongewenste stoffen die kunnen ontstaan bij de verbranding van benzine in de benzinemotor.

Een voorbeeld van een hybrideauto is de Toyota Prius. Om aan te geven hoe 'schoon' deze auto is, geeft Toyota de volgende tabel met gegevens over het benzineverbruik en de CO_2 uitstoot.

verbruik	*CO_2*
4,0	**92**
L/100 km	*g/km*

4p **17** Laat door middel van een berekening zien, dat deze waarden met elkaar overeenkomen. Gebruik voor benzine de formule C_7H_{12}, en ga uit van de volgende gegevens:
- de dichtheid van benzine is 0,72 kg per liter;
- per mol benzine ontstaat 7 mol CO_2.

In de Toyota Prius is de batterij een nikkel-metaalhydride-batterij, afgekort NiMH-batterij. De ene elektrode (A) van de NiMH-batterij is gemaakt van nikkeloxyhydroxide, NiO(OH). De andere elektrode (B) bestaat uit een metaalhydride. Het metaalhydride wordt weergegeven met MH.
De elektrolyt in een NiMH-batterij is een KOH oplossing.
Wanneer de batterij stroom levert, vinden in de NiMH-batterij de volgende halfreacties plaats:

elektrode A: $NiO(OH) + H_2O + e^- \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$

elektrode B: $MH + OH^- \rightarrow H_2O + M + e^-$

2p **18** Leid af wat de lading is van de nikkelionen in NiO(OH).
Neem aan dat NiO(OH) bestaat uit nikkelionen en twee soorten negatieve ionen.

2p **19** Is elektrode B de positieve of de negatieve elektrode van de NiMH-batterij?
Motiveer je antwoord.

In een handleiding van de Toyota Prius staat onder andere de volgende informatie:
Bij afnemende snelheid, zoals bij afremmen, zet de auto bewegingsenergie om in elektrische energie waarmee de batterij wordt opgeladen.

2p **20** Geef de vergelijking van de totale reactie die optreedt tijdens het opladen van de NiMH-batterij.

Power-to-gas

Windmolens en zonnepanelen produceren soms meer stroom dan via het elektriciteitsnet kan worden afgenomen. Door gebruik te maken van 'power-to-gas'-techniek kan deze energie worden opgeslagen.
De elektrische energie wordt dan omgezet tot chemische energie die in de vorm van een brandbaar gas wordt opgeslagen. Deze techniek is in onderstaande tekst beschreven.

Met behulp van (groene) stroom kan water worden ontleed tot zuurstof en waterstof. Waterstof is een grondstof voor de chemische industrie en kan dienen als energiebron voor brandstofcelvoertuigen. Ook kan waterstof door reactie met koolstofdioxide worden omgezet tot methaan. Deze reactie wordt methanisering genoemd. Het geproduceerde methaan kan worden ingevoerd in het aardgasnet of – in vloeibare of samengeperste vorm – worden gebruikt als brandstof voor bijvoorbeeld auto's. De zuurstof die bij de elektrolyse ontstaat, kan worden gebruikt in een vergassingsinstallatie, waarin biomassa wordt vergast tot 'synthesegas': een mengsel van koolstofmonoöxide en waterstof. Hierbij ontstaat ook een beperkte hoeveelheid koolstofdioxide, die wordt gebruikt voor de methanisering. Synthesegas is een waardevolle grondstof voor de chemische industrie.

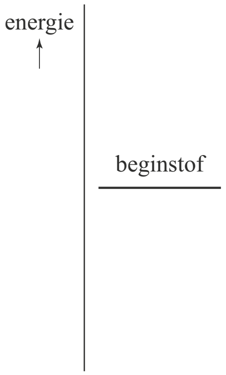
In de tekst zijn drie chemische processen beschreven:
- elektrolyse;
- methanisering;
- vergassing.

2p **21** Geef de reactievergelijking van deze elektrolyse (regels 1 en 2).

2p **22** Geef aan of elektrolyse een endotherm of een exotherm proces is. Licht je antwoord toe aan de hand van een gegeven in de tekst.

2p **23** Maak in de bijlage het energiediagram van de elektrolyse af.
Noteer daarin, met de bijbehorende bijschriften, het energieniveau van de geactiveerde toestand en het energieniveau van de reactieproducten.

bijlage bij vraag 23



Bij de methanisering (regels 3 tot en met 5) wordt waterstof exotherm omgezet tot methaan volgens:

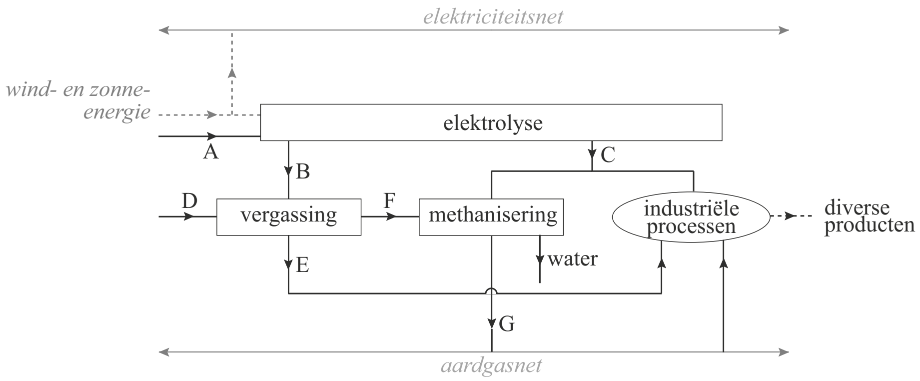
$$4\ H_2(g)\ +\ CO_2(g)\ \rightarrow\ CH_4(g)\ +\ 2\ H_2O(g)$$

3p **24** Bereken voor deze methanisering de reactiewarmte in J per mol H_2 (bij 298 K en $p = p_0$). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57.

3p **25** Bereken de E-factor voor deze methanisering. Neem aan dat een rendement van 80% wordt behaald.

Bij de vergassing (regels 8 tot en met 10) wordt vaste biomassa bij hoge temperatuur omgezet tot voornamelijk synthesegas. Dit kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de productie van vloeibare koolwaterstoffen.

Hieronder zijn de processen, die zijn beschreven in de eerder vermelde tekst, schematisch en vereenvoudigd weergegeven. Dit schema is onvolledig.
Bij de stofstromen A t/m G ontbreken de namen.



3p **26** Geef de ontbrekende namen.
Noteer je antwoord als volgt:
A: … E: …
B: … F: …
C: … G: …
D: …

Bij het power-to-gas-proces wordt waterstof omgezet tot methaan. Beide gassen kunnen dienen als brandstof. Men kan zich afvragen of de methanisering in de context van duurzaamheid wel zinvol is voor de opslag van energie.

2p **27** Pia stelt dat het duurzamer is om de overtollige energie vast te leggen als H_2 gas. Koen zegt dat het duurzamer is om het H_2 gas te methaniseren. Geef voor allebei een (ander) argument om hun uitspraak te ondersteunen.
Noteer je antwoord als volgt:
- argument voor Pia: …
- argument voor Koen: …

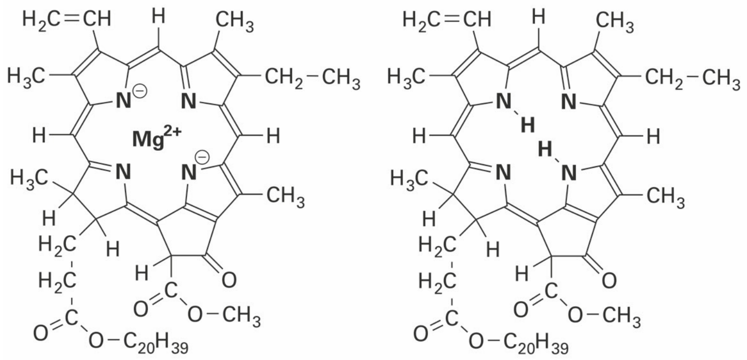
Spinazie

Spinazie is een bladgroente met een donkergroene kleur. Deze kleur wordt vooral veroorzaakt door vier pigmenten: chlorofyl-a, chlorofyl-b, β-caroteen en luteïne. Verse spinazie bevat 93,0 massaprocent water. Het overige deel is 'drooggewicht'. Het gehalte chlorofyl-a is 6,48 gram per 1,00 kilogram drooggewicht.

3p **28** Bereken het massa-ppm chlorofyl-a in verse spinazie.

Behalve verse spinazie is ook diepvriesspinazie te koop.
Diepvriesspinazie wordt gemaakt door verse spinazie direct na de oogst te wassen, te verhitten en in te vriezen. Hierbij kan (een deel van) de spinazie verkleuren doordat chlorofyl-a en chlorofyl-b omgezet worden tot feofytine-a en feofytine-b. De kleurverandering hangt af van de temperatuur en de duur van de warmtebehandeling, maar ook van de pH.

In onderstaande figuur zijn de structuurformules van chlorofyl-a en feofytine-a schematisch weergegeven. Met behulp van deze structuurformules is de reactievergelijking van de omzetting van chlorofyl-a af te leiden. Hierbij reageert chlorofyl-a met waterstofionen tot feofytine-a en magnesiumionen.



3p **29** Geef met behulp van deze figuur de reactievergelijking van de omzetting van chlorofyl-a tot feofytine-a. Gebruik voor chlorofyl-a de formule $MgC_{55}H_{72}O_5N_4$ (gebruik dus **geen** structuurformules).

3p **30** Leg uit met behulp van het botsende-deeltjesmodel of spinazie sneller verkleurt bij pH = 6,8 dan bij pH = 5,5.

Hieronder is een voorschrift weergegeven waarmee door middel van dunne-laag-chromatografie de aanwezigheid van de pigmenten kan worden onderzocht.

stap 1 Wrijf een mengsel van 0,50 gram spinazie, 0,50 gram watervrij magnesiumsulfaat en 1,0 gram zand zo fijn mogelijk.
stap 2 Doe dit mengsel in een reageerbuis. Voeg 2,0 mL aceton toe en schud stevig.
stap 3 Wacht tot de vaste stof naar de bodem is gezakt.
stap 4 Breng met een pipet een klein beetje van de heldere, groene vloeistof aan op de startlijn van een dunne-laagplaat.
stap 5 Plaats de dunne-laagplaat in een afsluitbare bak met een laagje loopvloeistof. Gebruik hiervoor een mengsel van petroleumether, cyclohexaan, ethylacetaat, aceton en methanol. Sluit de bak.
stap 6 Haal na verloop van tijd de dunne-laagplaat uit de bak en geef direct met een potlood aan waar het vloeistoffront is gekomen.

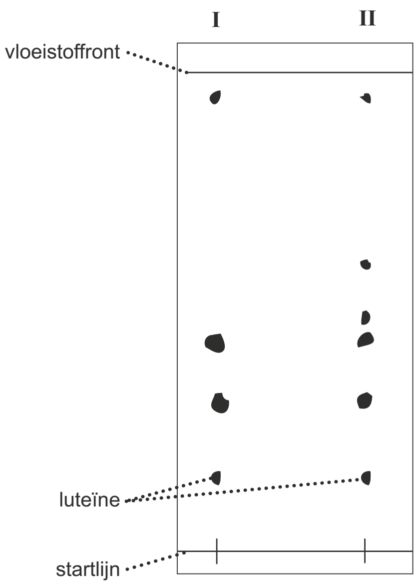
Tijdens stap 1 gaan de cellen in de spinazie kapot en komt de celinhoud vrij. Deze celinhoud bestaat voornamelijk uit water dat met het magnesiumsulfaat reageert tot het zouthydraat $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.

3p **31** Laat met een berekening zien dat 0,50 gram watervrij magnesiumsulfaat voldoende is om al het water te binden dat in 0,50 gram verse spinazie aanwezig is.

Bij stap 2 en bij stap 3 wordt een scheidingsmethode gebruikt.

2p **32** Noem deze scheidingsmethodes.
Noteer je antwoord als volgt:
stap 2: …
stap 3: …

Nick en Simon voeren het voorschrift uit. Ze gebruiken zowel verse spinazie als diepvriesspinazie. Nadat ze van beide een beetje vloeistof hebben aangebracht op de startlijn, verkrijgen ze het chromatogram. Dit chromatogram is afgebeeld in onderstaande figuur. Hierbij zijn de startlijn, het vloeistoffront en de vlekken van luteïne aangegeven.



2p **33** Leg uit dat het deel van het chromatogram onder II hoort bij diepvriesspinazie.

Bij dunne-laagchromatografie wordt het begrip Rf-waarde gebruikt.
Onder de Rf-waarde wordt verstaan:

$$Rf = \frac{\text{de door de stof afgelegde afstand}}{\text{afstand tussen startlijn en vloeistoffront}}$$

Simon berekent met behulp van het chromatogram de Rf-waarde van luteïne. Deze Rf-waarde verschilt van de Rf-waarde in Binas-tabel 73. Dat verbaast Simon helemaal niet. Hij zegt: ‘De oplosbaarheid van luteïne in de loopvloeistof is bij onze proef anders.’
Nick zegt: ‘Dat hoeft niet zo te zijn, de Rf-waarde kan ook anders zijn doordat een andere stofeigenschap verschilt.’

1p **34** Geef een argument dat Simon kan gebruiken om zijn uitspraak te ondersteunen.

2p **35** Geef aan welk verschil Nick bedoelt en licht je antwoord toe.
Noteer je antwoord als volgt:
verschil: …
toelichting: …

Hints bij examen 2016-II

1 Gebruik Binas 67G1 en 67G2.

2 Hydrofiel betekent 'van water houdend'.

3 Wat is de functie van de eiwitten waar actinidase invloed op heeft?

4 Er wordt één aminozuur met behulp van water afgesplitst.

5 Noem in je antwoord een type binding.

7 Lees de kleine lettertjes onder de tabel van Binas 45A.

8 Welke deeltjes gaan er door elk van de membranen en welke deeltjes houden de membranen tegen?

9 Welk type deeltjes wordt er uit de wijn gehaald bij elektrodialyse?

10 Bij additiepolymerisatie verdwijnt de dubbele binding tussen de C atomen.

11 Hoeveel dubbele bindingen tussen C atomen bevat een TAPE molecuul?

13 Let op de significantie.

14 Watermoleculen hebben een positieve en een negatieve kant.

15 Wat gebeurt er met de afstand tussen de carbomeermoleculen bij het opzwellen?

16 Denk bijvoorbeeld aan een onvolledige verbranding.

17 Bereken eerst in twee stappen hoeveel (k)mol overeenkomt met 4,0 L benzine.

18 Wat is de totale negatieve lading?

19 Neemt elektrode B elektronen op of staat hij ze af?

20 Bij het opladen van een batterij treden de omgekeerde reacties op als bij stroomlevering.

21 Bij een ontledingsreactie, zoals deze elektrolyse, staat maar één stof voor de pijl.

22 Bij een exotherm proces komt energie vrij.

23 Bevatten de reactieproducten bij dit proces meer of minder energie dan de beginstof? Zie ook uitwerking 22.

24 Bereken eerst de reactiewarmte per 4 mol H_2 (zoals het in de reactievergelijking staat).

25 Gebruik Binas 37H.

26 Volg de tekst in het begin van deze opgave stap voor stap.

27 Wat weet je van waterstofopslag?

28 Bereken eerst hoeveel procent van spinazie bestaat uit drooggewicht. Stel dat gelijk aan 1,00 kg.

29 De formule van waterstofionen is H^+.

30 Is er bij pH = 6,8 meer of minder H^+ voor de verkleuringsreactie dan bij pH = 5,5?

31 De molverhouding tussen magnesiumsulfaat en water haal je uit de gegeven formule van het hydraat.

32 Bij stap 2 lost een deel van mengsel op in aceton.

33 Lees het stuk tekst onder vraag 28 goed.

35 Wat kun je bij vloeistofchromatografie behalve de loopvloeistof nog meer veranderen?

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij examen 2016-II

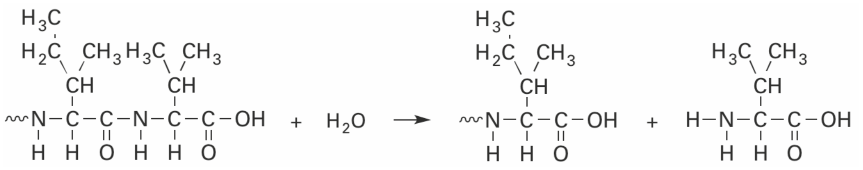
Kiwi-kwarktaart

2p **1** hexaanzuur
De bovenste twee gebonden vetzuurresten zijn oliezuur en palmitinezuur (Binas 67G1/2). Onderaan is het gevraagde molecuul veresterd. Het molecuul bestaat uit zes koolstofatomen en bevat een zuurgroep (nodig om een ester te vormen met glycerol).
hexaan [1p], zuur [1p]

2p **2** Water is hydrofiel en vet is hydrofoob. [1p] Er is een emulgator nodig om te zorgen dat de stoffen niet meteen ontmengen. [1p]

2p **3** Eiwitmoleculen zorgen voor de netwerkstructuur die maakt dat er een stevig geheel ontstaat (gegeven). Actinidase verbreekt peptidebindingen in eiwitten (gegeven). Er ontstaan daardoor kortere eiwitmoleculen. [1p] Er kan dan geen netwerkstructuur meer ontstaan en de taart zal niet opstijven. [1p]

3p **4**



water voor de pijl [1p], valine na de pijl [1p], andere reactieproduct [1p]

Wijn zonder droesem

2p **5** Wijnsteenzuur bevat OH groepen. [1p] Deze kunnen waterstofbruggen vormen met watermoleculen. [1p]

1p **6** $CaC_4H_4O_6$
Als wijnsteenzuurmoleculen ($C_4H_6O_6$) twee H^+ ionen afgeven, dan ontstaan tartraationen: $C_4H_4O_6^{2-}$. Die ionen vormen, vanwege gelijke lading, met calciumionen (Ca^{2+}) in de verhouding 1 : 1 het zout calciumtartraat.

3p **7** De massa van 1 mol calciumtartraat ($CaC_4H_4O_6$, zie uitwerking 6) is 40,08 + 4 · 12,01 + 4 · 1,008 + 6 · 16,00 = 188,15 g (Binas 99). [1p]

$0{,}38\ g\ L^{-1}\ CaC_4H_4O_6 = \frac{0{,}38\ g\ L^{-1}}{188{,}15\ g\ mol^{-1}} = 2{,}0 \cdot 10^{-3}\ mol\ L^{-1}\ CaC_4H_4O_6$ [1p]

Als de oplosbaarheid minder is dan 0,01 mol L^{-1} dan is een zout slecht oplosbaar (voetnoot Binas 45A). 2,0 · 10^{-3} (0,0020) is minder dan 0,01, dus calciumtartraat is een slecht oplosbaar zout. [1p]

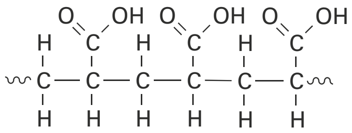
2p **8** Het ene membraan (gespikkeld, zie figuur 2) laat wel K^+ en Ca^{2+} ionen door, maar geen T^{2-} en HT^- ionen. Het andere membraan (geheel wit) houdt juist K^+ en Ca^{2+} ionen tegen en laat T^{2-} en HT^- ionen door. De membranen zijn dus niet identiek.

2p **9** Bij elektrodialyse worden ionen die de droesem veroorzaken, uit de wijn verwijderd (zie opgave). Ionen bepalen het elektrisch geleidingsvermogen. [1p]
Hoe minder vrije ionen hoe kleiner het elektrisch geleidingsvermogen (en hoe minder kans op droesem). [1p]
Oplossingen van zouten geleiden goed elektriciteit, omdat ze losse ionen (vrije geladen deeltjes) bevatten.

© ThiemeMeulenhoff

Kunsttranen

3p **10**



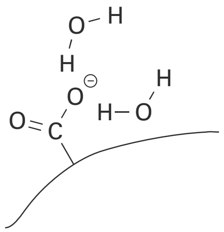
Teken acrylzuur als etheen met de zuurgroep naar boven of naar beneden. Teken dan de monomeren aan elkaar. De dubbele binding verdwijnt daarbij (additiepolymerisatie).
6 C atomen met enkele bindingen [1p], zuurgroepen [1p], waterstofatomen en uiteinden [1p]

2p **11** TAPE bevat vier dubbele bindingen [1p] die alle vier ingebouwd kunnen worden in (polymeer)ketens van acrylzuur die aan het groeien zijn. Er worden op die manier meerdere ketens verbonden. [1p]

1p **12** Natriumhydroxide is een base. Deze neutraliseert dus het zuur.
De vergelijking van de reactie is: $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

2p **13** $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,7} = 2 \cdot 10^{-4}$ (1 significant cijfer).
Het aantal significante cijfers van [H⁺] is gelijk aan het aantal decimalen van de pH.

2p **14**



De OH binding is polair. Watermoleculen hebben daardoor een positieve kant, de H atomen, en een negatieve kant, het O atoom. De carboxylaatgroep is negatief geladen en watermoleculen zullen dus met hun positieve kant er omheen gaan zitten.
per watermolecuul met een of twee H-atomen naar de COO^- *groep gericht [1p]*

2p **15** Als er meer crosslinker wordt gebruikt dan zijn er meer dwarsverbindingen tussen de ketens. [1p] De ketens gaan dus moeilijker uit elkaar. Het carbomeer zal dan dus minder opzwellen. [1p]

Hybrideauto

2p **16** *Voorbeelden van juiste stoffen zijn (geef er twee):*
- koolstof / roet / C
- koolstofmonoöxide / CO
- zwaveldioxide / SO_2
- stikstofoxide(s) / NO_x
- onverbrande koolwaterstoffen

4p **17** *methode 1:*
Voor 100 km wordt 4,0 L benzine verbruikt (gegeven). Een liter benzine heeft een massa van 0,72 kg (gegeven). 4,0 L benzine heeft dus een massa van $4,0 \cdot 0,72 = 2,88$ kg. [1p] De massa van 1 kmol benzine (C_7H_{12}, gegeven) is $7 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,008 = 96,17$ kg (Binas 99).

2,88 kg benzine komt dus overeen met $\frac{2,88 \text{ kg}}{96,17 \text{ kg kmol}^{-1}} = 0,0299$ kmol benzine. [1p]

De molverhouding benzine : CO_2 is 1 : 7 (gegeven). Uit 0,0299 kmol benzine ontstaat dus $7 \cdot 0,0299 = 0,210$ kmol CO_2. [1p] 1 kmol CO_2 heeft een massa van 44,010 kg (Binas 98).
0,210 kmol CO_2 heeft dus een massa van $0,210 \cdot 44,010 = 9,23$ kg $= 9,23 \cdot 10^3$ g.
Dat ontstaat bij 100 km rijden. De CO_2 uitstoot is dus $\frac{9,23 \cdot 10^3 \text{ g}}{100 \text{ km}} = 92$ g km^{-1}. [1p]

methode 2:
Per km ontstaat 92 g CO_2 (gegeven). 1 mol CO_2 heeft een massa van 44,010 g (Binas 98). 92 g CO_2 komt dus overeen met $\frac{92 \text{ g}}{44,010 \text{ g mol}^{-1}} = 2,09$ mol CO_2. [1p]

De molverhouding benzine : CO_2 is 1 : 7 (gegeven).

2,09 mol CO_2 ontstaat dus uit $\frac{2,09}{7} = 0,299$ mol benzine. [1p] De massa van 1 mol benzine (C_7H_{12}, gegeven) is $7 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,008 = 96,17$ g (Binas 99).
0,30 mol benzine heeft dus een massa van $0,299 \cdot 96,17 = 28,7$ g $= 2,87 \cdot 10^{-2}$ kg. [1p]
Een liter benzine heeft een massa van 0,72 kg (gegeven).
$2,87 \cdot 10^{-2}$ kg benzine komt dus overeen met $\frac{2,87 \cdot 10^{-2} \text{ kg}}{0,72 \text{ kg L}^{-1}} = 0,0399$ L benzine.

Dat is voor 1 km. Het verbruik per 100 km is dus: $0,0399 \cdot 100 = 4,0$ L. [1p]

2p **18** NiO(OH) is een (neutraal) zout dat oxide-ionen (O^{2-}) en hydroxide-ionen (OH^-) bevat.
De totale minlading in de verhoudingsformule is 3–. [1p]
De totale pluslading moet dan 3+ zijn. Het nikkelion heeft dus een lading van 3+. [1p]

2p **19** *Mogelijke antwoorden:*
- In de gegeven halfreactie bij elektrode B staan de elektronen na de pijl. [1p]
  De reductor geeft elektronen af aan elektrode B, die daardoor negatief wordt. [1p]
- In de gegeven halfreactie bij elektrode B staan de elektronen na de pijl. Bij elektrode B reageert MH dus als de reductor. [1p]
  Elektrode B is dus de negatieve elektrode. [1p]

2p **20** De optredende halfreacties zijn:
$Ni(OH)_2 + OH^- \rightarrow NiO(OH) + H_2O + e^-$
$H_2O + M + e^- \rightarrow MH + OH^-$

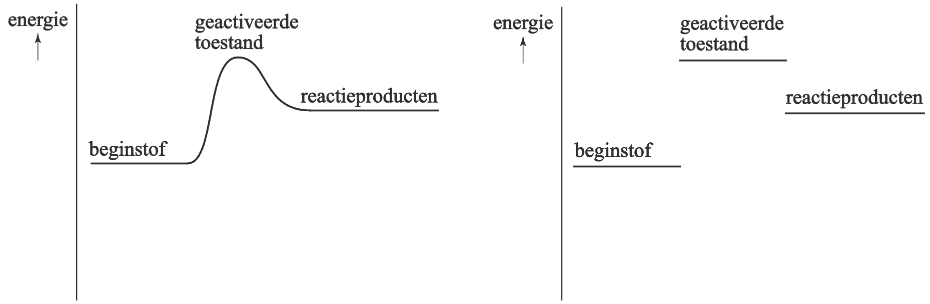
opgeteld (zonder e^-): $Ni(OH)_2 + OH^- + H_2O + M \rightarrow NiO(OH) + H_2O + MH + OH^-$
totale reactie (na wegstrepen OH^- en H_2O): $Ni(OH)_2 + M \rightarrow NiO(OH) + MH$
Bij het opladen van een batterij treden de omgekeerde reacties op als bij stroomlevering.
beginstoffen [1p], reactieproducten [1p]

Power-to-gas

2p **21** $2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2$
H_2O voor de pijl en kloppend gemaakt [1p], H_2 en O_2 na de pijl [1p]

2p **22** Er is stroom nodig voor elektrolyse. [1p]
Dus elektrolyse kost energie en is daarom een endotherm proces. [1p]
Een antwoord als 'Bij de elektrolyse wordt waterstof gemaakt en dat dient als energiebron. Er is in H_2 blijkbaar meer energie aanwezig dan in water, dus is de elektrolyse een endotherm proces' is ook juist.

2p **23** *Een juist energiediagram kan op twee manieren worden weergegeven:*



Elektrolyse is een endotherm proces (zie uitwerking 22); er is dus energie voor nodig. Het energieniveau van de reactieproducten is dus hoger dan dat van de beginstof. niveau reactieproducten hoger dan beginstof [1p], geactiveerde toestand op hoogste niveau [1p]

3p **24** De reactiewarmte is $\Delta E = \sum E_{\text{vorming reactieproducten}} - \sum E_{\text{vorming beginstoffen}}$

$= E_{\text{vorming methaan}} + E_{\text{vorming waterdamp}} - E_{\text{vorming waterstof}} - E_{\text{vorming koolstofdioxide}}$

$= -0{,}75 \cdot 10^5 + 2 \cdot -2{,}42 \cdot 10^5 - 0 + 3{,}935 \cdot 10^5 = -1{,}66 \cdot 10^5$ J per 4 mol H_2 (Binas 57A/B).

De reactiewarmte per mol H_2 is dus $\frac{-1{,}66 \cdot 10^5}{4} = -4{,}15 \cdot 10^4$ J.

De reactiewarmte van niet-ontleedbare stoffen zoals waterstof is altijd 0. Antwoord kan gegeven worden met 2 significante cijfers achter de komma. +3,935 · 10^5 [1p], –0,75 · 10^5 en 2 · –2,42 · 10^5 [1p], opgetelde waardes delen door 4 [1p]

3p **25** $E\text{-factor} = \frac{\text{massa}_{\text{beginstoffen}} - \text{massa}_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{\text{massa}_{\text{werkelijke opbrengst product}}}$ (Binas 37H).

Het doel van de reactie is methaan produceren. De molaire massa van methaan (CH_4) is 16,043 g (Binas 98). Het rendement van de methanisering is 80% (gegeven). Er ontstaat dus volgens de reactievergelijking 0,80 · 16,043 = 12,8 g methaan. [1p] De benodigde massa van de beginstoffen is de massa van 4 mol H_2 + de massa van 1 mol CO_2 = 4 · 2 · 1,008 + 44,010 = 52,074 g (Binas 98 en 99). [1p]

$\Rightarrow$ E-factor = $\frac{52{,}074 - 12{,}8}{12{,}8}$ = 3,1 (2 significante cijfers). [1p]

3p **26** A: water E: synthesegas / waterstofgas en koolstofmonoöxide
B: zuurstof F: koolstofdioxide
C: waterstof G: methaan
D: biomassa
A, B en C [1p], D en E [1p], F en G [1p]

2p **27** *Voorbeelden voor een juist argument bij Pia zijn:*
- Bij elke omzetting gaat energie verloren. Je kunt het beste dus zo min mogelijk omzettingen doen.
- Methanisering is exotherm, dus er komt energie vrij die verloren kan gaan.

Voorbeelden voor een juist argument bij Koen zijn:
- Aardgas kan gewoon aan het bestaande aardgasnet worden toegevoegd. Waterstof is gevaarlijker / kostbaarder om op te slaan.
- Aardgas kan voor meer doeleinden worden gebruikt, omdat waterstof lastig te hanteren is.

© ThiemeMeulenhoff

Spinazie

3p **28** Versie spinazie bevat 93,0% water (gegeven) en dus 100% – 93,0% = 7,0% drooggewicht. [1p] 1,00 kg drooggewicht komt dus overeen met

$\frac{100}{7{,}0} \cdot 1{,}00$ kg = 14,3 kg = 1,43 · 10^4 g verse spinazie. [1p]

$\text{massa-ppm} = \frac{\text{massa chlorofyl-a}}{\text{massa verse spinazie}} \cdot 10^6 \text{ ppm} = \frac{6{,}48}{1{,}43 \cdot 10^4} \cdot 10^6 \text{ ppm} =$

4,5 · 10^2 massa-ppm (2 significante cijfers). [1p]

3p **29** $MgC_{55}H_{72}O_5N_4 + 2\ H^+ \rightarrow Mg^{2+} + C_{55}H_{74}O_5N_4$
Feofytine-a-moleculen bevatten 2 H atomen meer dan chlorofyl-a-eenheden. $C_{55}H_{74}O_5N_4$ na de pijl [1p], H^+ voor de pijl en Mg^{2+} na de pijl [1p], $MgC_{55}H_{72}O_5N_4$ voor de pijl en kloppend gemaakt [1p]

3p **30** pH = 6,8 is een minder zure omgeving dan pH = 5,5. Er zijn bij pH = 6,8 dus minder H^+ ionen aanwezig. [1p] Bij de verkleuringsreactie botsen H^+ ionen met moleculen van chlorofyl-a. Minder H^+ ionen betekent dus een langzamere reactie. [1p]
Conclusie: nee, de spinazie verkleurt niet sneller bij pH = 6,8, maar juist langzamer. [1p]
De snelheid van een reactie hangt onder andere af van de concentratie van de beginstoffen. Hoe lager de concentratie, hoe lager de reactiesnelheid.

3p **31** Spinazie bevat 93,0% water (gegeven boven vraag 28).

0,50 g spinazie bevat dus $\frac{93{,}0}{100} \cdot 0{,}50 = 0{,}47$ g water.

De massa van 1 mol magnesiumsulfaat ($MgSO_4$) is 120,37 g en de massa van 1 mol H_2O is 18,015 g (Binas 98). 1 mol $MgSO_4$ bindt 7 mol H_2O (gegeven). [1p]
methode 1 (met massaverhouding):

verhouding in mol:	1 mol $MgSO_4$	bindt	7 mol H_2O
mol → g:	120,37 g	bindt	7 · 18,015 g = 126,11 g
gegeven/gevraagd:	0,50 g	bindt	x g

120,37 · x = 0,50 · 126,11 $\Rightarrow$ $x = \frac{0{,}50 \cdot 126{,}11}{120{,}37} = 0{,}52$ $\Rightarrow$ er kan 0,52 g water worden

gebonden. [1p] Er is dus voldoende $MgSO_4$ om alle water (0,47 g) te binden. [1p]

methode 2 (met molberekening):

0,50 g $MgSO_4$ komt overeen met $\frac{0{,}50 \text{ g}}{120{,}37 \text{ g mol}^{-1}} = 4{,}15 \cdot 10^{-3}$ mol $MgSO_4$.

1 mol $MgSO_4$ kan 7 mol water binden (gegeven).
4,15 · 10^{-3} mol $MgSO_4$ kan dus 7 · 4,15 · 10^{-3} = 2,91 · 10^{-2} mol water binden. [1p]
2,91 · 10^{-2} mol water heeft een massa van 2,91 · 10^{-2} · 18,015 = 0,52 g. Er kan dus 0,52 g water worden gebonden door 0,50 g $MgSO_4$. De gegeven hoeveelheid magnesiumsulfaat is dus genoeg om alle water (0,47 g) in spinazie te binden. [1p]
Je kunt ook uitrekenen hoeveel gram $MgSO_4$ nodig is om 0,47 g water te binden. Je komt dan uit op 0,44 g. 0,50 g $MgSO_4$ is dus genoeg om alle water in spinazie te binden.

2p **32** stap 2: extraheren
stap 3: bezinken

2p **33** Bij het maken van diepvriesspinazie uit verse spinazie kunnen de (extra) stoffen feofytine-a en feofytine-b ontstaan (gegeven na vraag 28). Chromatogram II bevat twee extra vlekken; dit duidt op twee extra stoffen aanwezig in het mengsel. [1p] Chromatogram II is dus van diepvriesspinazie. [1p]

© ThiemeMeulenhoff

1p **34** De samenstelling van de loopvloeistof is niet hetzelfde bij het experiment van Nick en Simon en dat behorende bij de resultaten uit Binas 73.

2p **35** verschil: aanhechtingsvermogen van luteïne aan de stationaire fase [1p]
toelichting: Nick en Simon gebruiken een dunne-laagplaat en de resultaten in Binas 73 horen bij papierchromatografie. [1p]

© ThiemeMeulenhoff

Examen 2017-I

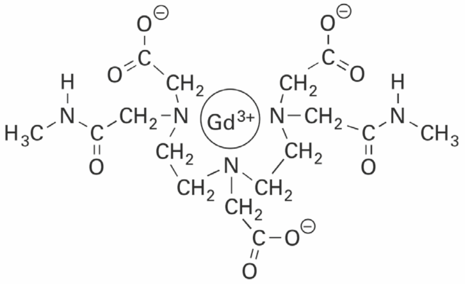
Contrastmiddel voor MRI-scans

MRI staat voor Magnetic Resonance Imaging. Deze techniek wordt in ziekenhuizen gebruikt voor onderzoek aan bijvoorbeeld bloedvaten. Soms gebruikt men voor het maken van een MRI-scan het contrastmiddel OMNISCAN™ Dit wordt in de bloedbaan geïnjecteerd.

OMNISCAN™ bevat gadodiamide. Dit is een verbinding van het element gadolinium (Gd). In die verbinding komen Gd^{3+} ionen voor. Door de magnetische eigenschappen van Gd^{3+} ionen geeft de MRI-scan een betere afbeelding. In de natuur komt de isotoop Gd-158 het meest voor.

3p **1** Hoeveel protonen, neutronen en elektronen bevat een Gd^{3+} ion met massagetal 158?
Noteer je antwoord als:
aantal protonen: … aantal neutronen: … aantal elektronen: …

In een gadodiamide-deeltje is een Gd^{3+} ion ingekapseld door een organisch deeltje. Zie onderstaande figuur voor een structuur van een gadodiamide-deeltje.



Gadodiamide is goed oplosbaar in water. De gadodiamide-deeltjes blijven in de oplossing intact en vallen niet uiteen tot ionen.

2p **2** Leg uit op microniveau, aan de hand van de figuur, dat gadodiamide goed oplosbaar is in water.

Gadodiamide kan worden bereid uit gadolinium(III)oxide via de volgende reactie:

$$2\ C_{16}H_{29}N_5O_8 + Gd_2O_3 \rightarrow 2\ GdC_{16}H_{26}N_5O_8 + 3\ H_2O$$

2p **3** Leg uit, aan de hand van formules in de reactievergelijking, of deze reactie een zuur-basereactie is.

Vrije Gd^{3+} ionen zijn giftig voor mens en dier. De LD50 voor muizen is 42 mg kg^{-1}. Gd^{3+} ionen in gadodiamide-deeltjes zijn veel minder giftig. De LD50 van Gd^{3+} ionen in gadodiamide verschilt een factor 100 met de LD50 van vrije Gd^{3+} ionen.

2p **4** Geef de LD50 (voor muizen) van Gd^{3+} ionen in gadodiamide.

Voor de mens wordt als veilige dosering van gadodiamide de grens van 0,1 mmol per kg lichaamsgewicht aangehouden. Hierop is de onderstaande doseringskaart voor OMNISCAN™ gebaseerd.

doseringskaart voor volwassenen

lichaamsgewicht (kg)	50	60	70	80	90	100
volume (mL)	10	12	14	16	18	20

Met een berekening kan worden aangetoond dat bij een dosering die op de doseringskaart is vermeld, de veiligheidsgrens niet wordt overschreden.

3p **5** Geef de berekening voor een persoon van 60 kg.
Maak hierbij gebruik van:
- de molaire massa van gadodiamide is 574 g mol^{-1};
- informatie uit het etiket in op het flesje (zie boven).

Men verwacht dat het gebruik van gadodiamide toeneemt. Omdat gadodiamide via de urine wordt uitgescheiden, zal het gehalte aan gadodiamide in afvalwater toenemen. Dit kan voor milieuproblemen zorgen omdat gadodiamide niet in een rioolwater-zuiveringsinstallatie (RWZI) wordt afgebroken.
In een laboratorium werd onderzocht of gadodiamide kan worden verwijderd uit een oplossing door middel van de scheidingsmethode adsorberen. De conclusie was dat verwijdering niet lukt met deze scheidingsmethode.

2p **6** Beschrijf in grote lijnen hoe een experiment kan worden uitgevoerd om te onderzoeken of gadodiamide uit een oplossing kan worden verwijderd met behulp van Norit®-poeder als adsorptiemiddel.

In onderstaande tabel staan gemiddelden van een aantal metingen van het Gd^{3+} gehalte.

locatie	rivierwater	uitstroom van rioolwaterzuivering[1)]	afvalwater van ziekenhuizen
Gd^{3+} gehalte (µg L^{-1})	0,2	1,1	100

1) wordt geloosd op het oppervlaktewater.

Hoewel nog geen methode bestaat om gadodiamide uit afvalwater te verwijderen, wordt bij RWZI's al nagedacht over de wijze waarop de eventuele verwijdering kan worden uitgevoerd. Een chemisch technoloog stelt voor om de urine van mensen bij wie gadodiamide is gebruikt, apart te verzamelen en daaruit het gadodiamide te verwijderen.

2p **7** Geef een argument dat de chemisch technoloog kan noemen waarom het effectiever is om gadodiamide te verwijderen uit de apart verzamelde urine dan uit rioolwater. Motiveer je antwoord.

'Drogen' van witte olieverf

Olieverf wordt al eeuwen gebruikt voor het maken van schilderijen.
Olieverf wordt gemaakt door pigmentkorrels te mengen met een vloeibaar bindmiddel. Pigmentkorrels geven kleur aan de verf.
Loodwit, $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$, is een wit pigment dat vroeger veel werd gebruikt.
Loodwit kan worden opgevat als een mengsel van de zouten lood(II)carbonaat en lood(II)hydroxide. Uit de formule van loodwit kan de molverhouding van deze twee loodzouten worden afgeleid.

2p **8** Geef de formules van deze twee loodzouten en geef de molverhouding waarin ze voorkomen in loodwit.
Noteer je antwoord als volgt:
formule lood(II)carbonaat: …
formule lood(II)hydroxide: …
molverhouding lood(II)carbonaat : lood(II)hydroxide = … : …

Een veelgebruikt bindmiddel in olieverf is lijnolie. Lijnolie is een vloeibaar mengsel van triglyceriden. Triglyceriden zijn tri-esters van glycerol en vetzuren. De koolwaterstofgedeeltes van de vetzuren in lijnolie bevatten veel C=C bindingen. In onderstaande tabel staat de gemiddelde vetzuursamenstelling van lijnolie.

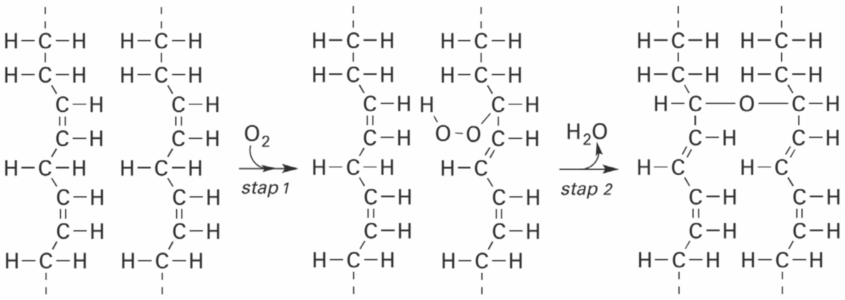
gemiddelde vetzuursamenstelling van lijnolie

vetzuur	koolwaterstofgedeelte	aantal per 100 vetzuurmoleculen
palmitinezuur	$-C_{15}H_{31}$	5
stearinezuur	$-C_{17}H_{35}$	2
oliezuur	$-C_{17}H_{33}$	16
linolzuur	$-C_{17}H_{31}$	15
α-linoleenzuur	$-C_{17}H_{29}$	62

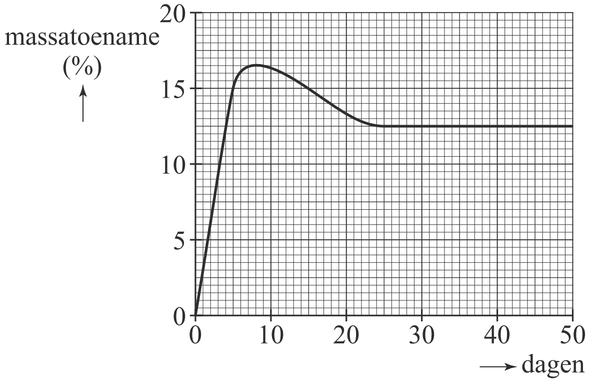
2p **9** Geef de structuurformule van het triglyceride waarin uitsluitend het vetzuur α-linoleenzuur is veresterd. Geef het koolwaterstofgedeelte van het vetzuur weer zoals in tabel 1.

3p **10** Bereken het gemiddelde aantal C=C bindingen per triglyceridemolecuul in lijnolie.
Maak hierbij gebruik van:
- tabel 1;
- Binas-tabel 67G2 of ScienceData-tabel 13.2 g.

Het uitharden van olieverf wordt ook wel ‘drogen’ genoemd. Onder invloed van (uv-) licht reageren hierbij C=C bindingen met zuurstof. Bij dit proces ontstaan geleidelijk steeds meer crosslinks.
In onderstaande figuur is de uitharding schematisch weergegeven.



Het volledig uitharden van verf die op basis van lijnolie is gemaakt, kan een flink aantal dagen duren. Een producent van olieverf heeft onderzoek gedaan aan de uitharding. Bij dat onderzoek werd onder andere de verandering van de massa van lijnolie tijdens het uitharden gevolgd. In onderstaand diagram is het resultaat weergegeven van een onderzoek aan een laagje olieverf met een dikte van 0,254 mm. Deze olieverf was samengesteld uit lijnolie en het witte pigment titaan(IV) oxide. Dit pigment wordt tegenwoordig gebruikt in plaats van het giftige loodwit.



2p **11** Leg uit dat het toenemen van de massa in de eerste acht dagen én het afnemen van de massa in de volgende dagen verklaard kunnen worden met behulp van het uithardingsproces dat in de figuur is weergegeven.

2p **12** Laat met behulp van een berekening zien dat op dag 50 de massa per mol triglyceriden 109 g groter is dan de massa op dag 0.
- Maak gebruik van het diagram.
- De gemiddelde molaire massa van de triglyceriden bedraagt 873 g mol^{-1}.
- De massa van titaan(IV)oxide mag worden verwaarloosd.

2p **13** Bereken het aantal mol crosslinks per mol triglyceriden op dag 50.
Ga ervan uit dat:
- op dag 50 de massa per mol triglyceriden 109 g groter is dan de massa op dag 0;
- er geen andere reacties optreden dan in de figuur hierboven;
- stap 1, waarin zuurstof reageert, en stap 2, waarin water ontwijkt, volledig verlopen;
- er op dag 0 geen crosslinks aanwezig waren.

Alginaat

Onder ‘moleculair koken’ wordt verstaan: het toepassen van wetenschap bij voedselbereiding in de keuken. Alginaat wordt in de moleculaire keuken gebruikt om bolletjes te maken die op kaviaar lijken en gevuld zijn met een vloeistof. Bij het doorbijten van de bolletjes komt de vloeistof vrij in de mond. Dat zorgt voor een bepaalde smaaksensatie. Marije wil haar vrienden verrassen met ‘limonadekaviaar’. Zij vindt op internet het volgende recept:

Recept moleculair koken: limonadekaviaar

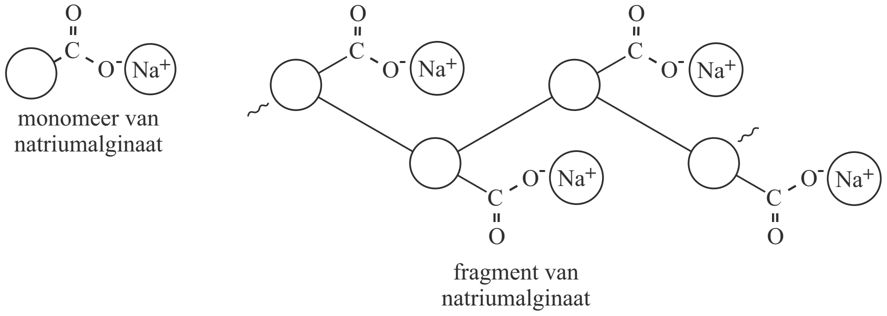
1. Los 3,0 gram calciumchloride op in 130 mL water.
2. Los 4,0 gram natriumalginaatpoeder op in 120 mL water.
3. Meng de natriumalginaatoplossing met limonadesiroop in de volumeverhouding 1 : 2.
4. Zuig een deel van het mengsel op met een pipet en druppel het in de calciumchloride-oplossing.
5. Schep na ongeveer 30 seconden de ‘kaviaar’ eruit.

Naar: moleculairkoken.net/kooktechnieken-kaviaar

Bij het oplossen van calciumchloride worden ionbindingen verbroken. Er worden ook nieuwe bindingen gevormd.

2p **14** Tussen welke deeltjes worden nieuwe bindingen gevormd bij het oplossen van calciumchloride?
Noteer je antwoord als volgt:
Er worden nieuwe bindingen gevormd tussen .... en ....

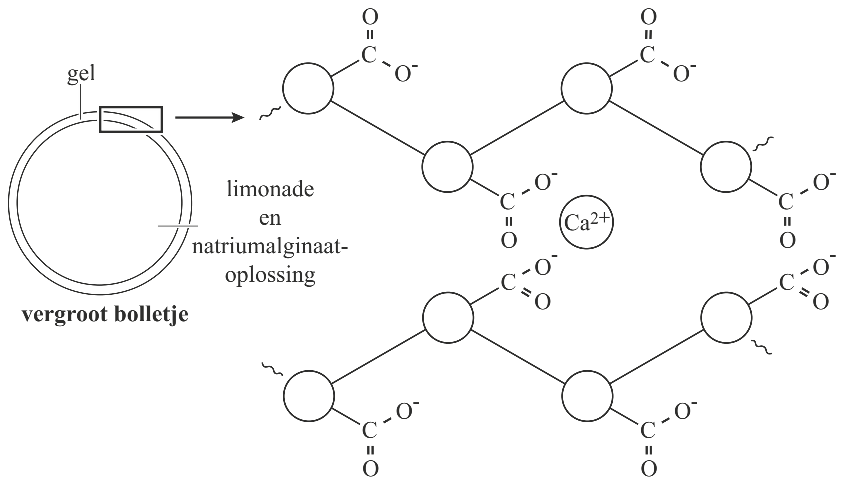
Natriumalginaat is een natuurlijk polysacharide met de formule $Na_n(C_6H_7O_6)_n$. Het monomeer van natriumalginaat heeft dezelfde basisstructuur als glucose, met in plaats van een $-CH_2OH$ groep een $-COO^- \, Na^+$ groep. Hieronder zijn het monomeer waaruit natriumalginaat is opgebouwd en een fragment van natriumalginaat schematisch weergegeven:



Bij het oplossen van natriumalginaat in water komen natriumionen en alginaationen vrij.

3p **15** Geef de vergelijking voor het oplossen van natriumalginaat in water.
Gebruik de formule $Na_n(C_6H_7O_6)_n$ voor natriumalginaat en de formule $(C_6H_7O_6)_n^{\,n-}$ voor alginaationen.

Wanneer het mengsel van natriumalginaat en limonadesiroop in de calciumchloride-oplossing wordt gedruppeld (stap 4), vormt zich meteen een dun laagje zogenoemde gel rondom de druppeltjes. De gel bestaat uit alginaationen die door calciumionen als een soort crosslinks zijn verbonden.



Voor de smaaksensatie is het van belang dat de bolletjes niet te laat uit de calciumchloride-oplossing worden geschept (stap 5).
Wanneer te lang wordt gewacht, is de vloeistof binnen in de bolletjes namelijk ook omgezet tot een gel.

2p **16** Geef een mogelijke verklaring voor dit verschijnsel.

Marije leest op internet dat calciumchloride een beetje bitter smaakt en dat in plaats van calciumchloride ook het smaakloze calciumlactaat gebruikt kan worden.
Calciumlactaat heeft de formule $Ca(C_3H_5O_3)_2$.

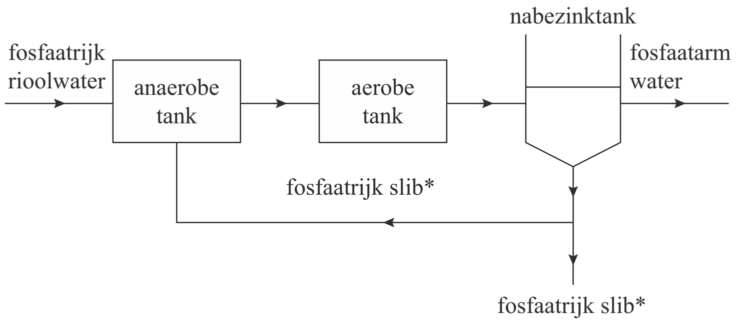
3p **17** Bereken hoeveel gram calciumlactaat Marije in 130 mL water moet oplossen om een oplossing te krijgen waarin de molariteit van de calciumionen hetzelfde is als in het recept. Neem hierbij aan dat het volume van beide oplossingen 130 mL is.

Bio-P

Te veel fosfaat in oppervlaktewater leidt tot een afname van de waterkwaliteit.
Een van de oorzaken is het uitspoelen van (kunst)mest vanaf landbouwgrond.

1p **18** Geef de naam van de vakterm waarmee deze afname van de waterkwaliteit wordt aangeduid.

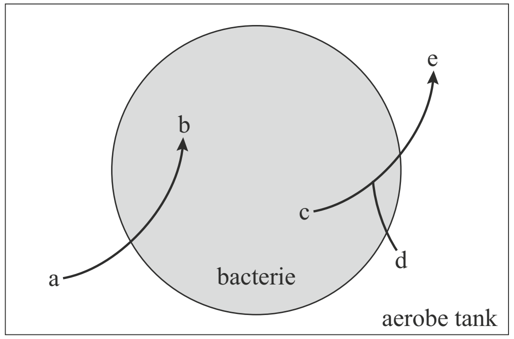
Rioolwater bevat ook fosforverbindingen die veelal worden aangeduid als fosfaat. In een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) wordt rioolwater gezuiverd. De gezuiverde uitstroom van een RWZI wordt geloosd op het oppervlaktewater. In steeds meer RWZI's wordt fosfaat biologisch verwijderd met het zogenoemde Bio-P proces.
In de volgende figuur is dit continuproces schematisch weergegeven.



* slib = waterige biomassa, bestaande uit o.a. bacteriën

In het Bio-P proces wordt gebruikgemaakt van speciale bacteriën. Deze zetten fosfaat om tot polyfosfaat dat zij opslaan als energievoorraad. In het Bio-P proces zijn afwisselend anaerobe (zuurstofloze) en aerobe (zuurstofrijke) omstandigheden nodig. In de anaerobe tank nemen de bacteriën koolstofverbindingen op uit het rioolwater, zetten die om tot polyhydroxybutyraat (PHB) en slaan het PHB op. Voor de omzetting van koolstofverbindingen tot PHB is energie nodig. De bacteriën halen deze energie uit de afbraak van polyfosfaat tot fosfaat. Het fosfaat wordt uitgescheiden en komt weer in het water terecht.

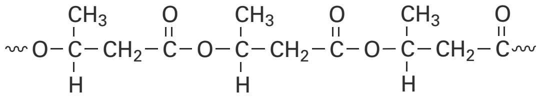
In de aerobe tank zetten de bacteriën PHB om tot koolstofdioxide en water.
De energie die hierbij vrijkomt, gebruiken ze om zich te vermeerderen. Daardoor neemt het aantal bacteriën toe en dus ook de hoeveelheid slib.
De bacteriën in de aerobe tank nemen fosfaat op en zetten dit om tot polyfosfaat.
De hoeveelheid fosfaat die hierbij wordt opgenomen, is veel groter dan door de bacteriën in de anaerobe tank is afgegeven.
De omzettingen die in de bacteriën in de aerobe tank plaatsvinden, zijn hieronder schematisch vereenvoudigd weergegeven:



2p **19** Geef de namen van de stoffen die bij de letters a tot en met e geplaatst moeten worden.
Maak een keuze uit:
fosfaat, koolstofdioxide + water, polyfosfaat, PHB, zuurstof.
Noteer je antwoord als volgt:
a: …
b: …
c: …
d: …
e: …

2p **20** Leg uit, aan de hand van de informatie over het Bio-P proces, of de omzetting van polyfosfaat tot fosfaat een endotherm of een exotherm proces is.

PHB is een polyester. De structuurformule van een fragment van PHB is hieronder weergegeven:



PHB kan worden beschouwd als een condensatiepolymeer dat is gevormd uit het monomeer $C_4H_8O_3$.

2p **21** Geef de structuurformule van het monomeer $C_4H_8O_3$.

Voor de omzetting van PHB tot koolstofdioxide en water is zuurstof nodig.

3p **22** Geef de vergelijking in molecuulformules van deze omzetting. Gebruik de formule $(C_4H_6O_2)_{1000}$ voor PHB.

Een gedeelte van het fosfaatrijke slib wordt teruggevoerd naar de anaerobe tank (zie figuur 1). De rest van het slib wordt afgevoerd. In een aantal moderne RWZI's wordt deze rest gebruikt om fosfaat terug te winnen in de vorm van struviet ($MgNH_4PO_4 . 6H_2O$), dat als kunstmest kan worden gebruikt. Na een aantal bewerkingen van het slib wordt een geconcentreerde oplossing van magnesiumchloride toegevoegd. De volgende reactie vindt dan plaats:

$$Mg^{2+} + NH_4^{+} + PO_4^{3-} + 6\ H_2O \rightarrow \underbrace{MgNH_4PO_4 . 6H_2O}_{\text{struviet}} \qquad \text{(reactie 1)}$$

De vorming van struviet vindt plaats in een licht basisch milieu met een pH van 7,8.

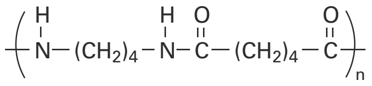
2p **23** Bereken de $[OH^-]$ in mol L^{-1} in een oplossing met pH = 7,8 (T = 298 K).

Het slib bevat voldoende NH_4^+ en water om alle fosfaat (PO_4^{3-}) om te zetten tot struviet. In een bepaalde RWZI wordt 2,5 ton struviet per dag gevormd volgens reactie 1.

3p **24** Bereken hoeveel kg magnesiumchloride-oplossing minstens per dag moet worden toegevoegd aan slib om het aanwezige fosfaat volledig om te zetten tot 2,5 ton struviet volgens reactie 1.
Maak gebruik van de volgende gegevens:
- Een ton is 1000 kg.
- De molaire massa van struviet is 245,41 g mol^{-1}.
- De magnesiumchloride-oplossing bevat 32 massaprocent magnesiumchloride.
- De hoeveelheid Mg^{2+} die in slib voorkomt, mag worden verwaarloosd.

Stanyl®

Stanyl is een sterke kunststof die pas bij hoge temperatuur smelt (295 °C). Dit maakt Stanyl geschikt als vervanger van metalen onderdelen in auto's en in elektronische apparatuur.
Stanyl is een copolymeer dat ontstaat door polycondensatie van twee soorten monomeren. Een van deze twee is butaan-1,4-diamine, $H_2N\text{-}(CH_2)_4\text{-}NH_2$.
Hieronder is de structuurformule van Stanyl schematisch weergegeven:



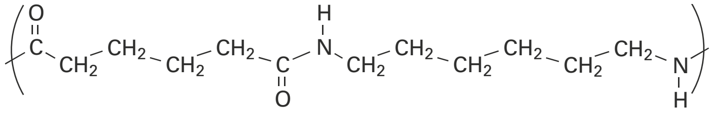
Bij de vorming van Stanyl via polycondensatie ontstaat water als bijproduct.

2p **25** Geef de structuurformule van het andere monomeer waaruit Stanyl wordt gevormd via de hierboven beschreven polymerisatie.

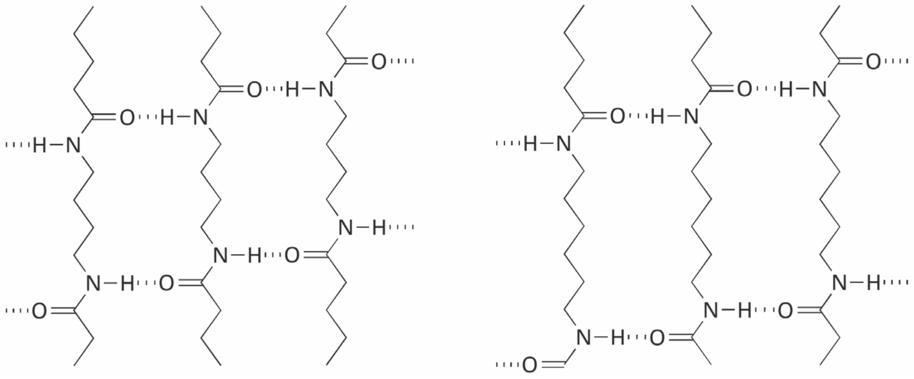
Het fragment dat in de structuurformule van Stanyl (zie hierboven) tussen de grote haken staat, wordt de repeterende eenheid genoemd. De eigenschappen van een polymeer worden mede bepaald door de gemiddelde molecuulmassa van het polymeer. Een veelgebruikte Stanyl-soort heeft de gemiddelde molecuulmassa $2{,}0 \cdot 10^4$ u.

2p **26** Bereken hoeveel repeterende eenheden gemiddeld voorkomen in een molecuul van deze Stanyl-soort.

Stanyl is een zogenoemde nylon en is ontwikkeld als kunststof die steviger is en bij een hogere temperatuur kan worden toegepast dan het bekende nylon-6,6.
De repeterende eenheid van nylon-6,6 is hieronder weergegeven:

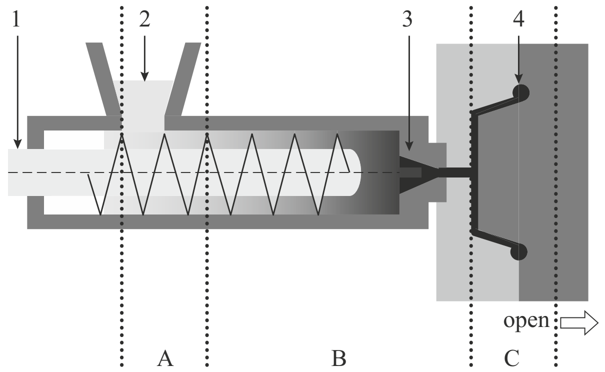


De aantrekkingskracht tussen nylonmoleculen wordt grotendeels bepaald door waterstofbruggen tussen C=O groepen en NH groepen. Hieronder is schematisch weergegeven hoe ketens van Stanyl en nylon-6,6 door middel van waterstofbruggen aan elkaar gebonden zijn.



2p **27** Leg uit aan de hand van bovenstaande figuur, waarom Stanyl een hogere smelttemperatuur heeft dan nylon-6,6.
Ga ervan uit dat Stanyl en nylon-6,6 dezelfde gemiddelde ketenlengte hebben.

Voorwerpen van Stanyl worden geproduceerd met behulp van de techniek spuitgieten. Hieronder is een schematische tekening weergegeven van een machine waarmee deze techniek wordt uitgevoerd.



Bij de vultrechter (2) worden Stanylkorrels in de spuitgietmachine gebracht. Deze korrels worden verwarmd en de ronddraaiende schroef (1) zorgt voor verplaatsing van Stanyl. Via de spuitmond (3) wordt Stanyl in een mal (4) geperst zodat het voorwerp in de gewenste vorm stolt.

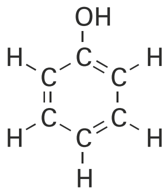
De producent van Stanyl adviseert bepaalde temperaturen voor de drie zones die in figuur 2 zijn aangegeven. Bij die temperaturen verloopt het spuitgieten optimaal.
De producent geeft de volgende temperatuurtrajecten voor de drie zones:
- 80 - 120 °C
- 280 - 320 °C
- 305 - 335 °C

Met behulp van het smeltpunt van Stanyl (295 °C) kan worden afgeleid welk temperatuurtraject bij welke zone hoort.

2p **28** Geef aan welk temperatuurtraject bij welke zone hoort.
Noteer je antwoord als:
zone A: …
zone B: …
zone C: …

Bruin worden van appels

Waarom wordt een geschilde appel bruin? Nathalie zoekt het uit en vindt op de website van Food-info: De kleur wordt veroorzaakt door het bruine pigment melanine. Melanine wordt gevormd uit zogenoemde polyfenolen.
Polyfenolen zijn stoffen die fenolgroepen bevatten. De structuurformule van fenol is hieronder weergegeven:



Sommige polyfenolen worden gevormd uit een bepaald aminozuur.

1p **29** Geef de naam van het aminozuur dat een fenolgroep bevat.
Maak gebruik van Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7 c.

De kleurreactie wordt gekatalyseerd door het enzym fenolase en kan als volgt vereenvoudigd worden weergegeven:

$$\text{polyfenol} + O_2 \xrightarrow{\text{fenolase}} \text{melanine} \qquad \text{(reactie 1)}$$

3p **30** Geef het energiediagram van reactie 1. Vermeld in het diagram de namen van de beginstoffen, de naam van het reactieproduct en geef de overgangstoestand aan.
Ga ervan uit dat reactie 1 exotherm is.

De bruinkleuringsreactie vindt plaats doordat bij het snijden van appels plantencellen kapot gaan. Nathalie zoekt naar methodes om de bruinkleuring te voorkomen. Deze methodes berusten onder andere op de remming van de enzymwerking of het 'wegnemen' van zuurstof. Zo is bekend dat koelen en toevoegen van citroensap of suiker de bruinkleuring remmen. Nathalie gaat aan de slag. Ze snijdt appels in partjes en verdeelt ze in vier porties. In de volgende tabel zijn haar experimenten samengevat.

experi-ment	methode	waarneming na 30 minuten	verdere behandeling na 30 minuten	waarneming na 30 minuten verdere behandeling
1	koelen bij -18 °C	geen bruinkleuring	verder bij kamertemperatuur	bruinkleuring
2	bestrooien met suiker	geen bruinkleuring	verder bij kamertemperatuur	geen bruinkleuring
3	besprenkelen met citroensap	geen bruinkleuring	verder bij kamertemperatuur	geen bruinkleuring
4	geen behandeling	bruinkleuring	verder bij kamertemperatuur	bruinkleuring

2p **31** Geef een verklaring voor de beide waarnemingen bij experiment 1.

Bij experiment 2 wordt water door suiker (sacharose, zie Binas-tabel 67F2 of ScienceData-tabel 13.1 d) gebonden. Hierdoor blijft er te weinig water beschikbaar voor een goede werking van fenolase.

2p **32** Beschrijf op microniveau hoe water wordt gebonden door sacharose.

Citroensap (experiment 3) bevat onder andere citroenzuur en vitamine C. Nathalie onderzoekt welke van deze twee componenten voor de remming van de bruinkleuring zorgt.
Ze heeft de beschikking over:
- appelpartjes;
- citroensap;
- oplossing van citroenzuur (met dezelfde concentratie als in citroensap);
- oplossing van vitamine C (met dezelfde concentratie als in citroensap).

Ze voert twee eenvoudige experimenten uit en trekt daaruit de conclusie dat vitamine C de bruinkleuring volledig remt en dat citroenzuur de bruinkleuring niet remt.

2p **33** Geef aan welke twee experimenten Nathalie heeft uitgevoerd en vermeld de waarnemingen. Noteer je antwoord als volgt:
experiment A: … waarneming bij A: …
experiment B: … waarneming bij B: …

Nathalie leest op internet dat vitamine C reageert met zuurstof. Dat is een redox-reactie, net als reactie 1. In reactie 1 reageert polyfenol als reductor. Ze begrijpt nu waarom vitamine C de bruinkleuring kan remmen.

2p **34** Is vitamine C een reductor of een oxidator? Motiveer je antwoord.

2p **35** Verklaar waarom vitamine C de bruinkleuring kan remmen.

Hints bij examen 2017-I

1 Gebruik het atoomnummer van gadolinium (Binas 40A).
2 Zorg dat alles dat je benoemt op microniveau is.
3 Bij een zuur-basereactie wordt H^+ van het ene deeltje aan het andere overgedragen.
4 LD50 is de hoeveelheid toegediende stof waardoor de helft van een proefdierenpopulatie sterft.
5 Bereken het aantal mmol gadodiamide per kilogram lichaamsgewicht.
6 Na het adsorberen heb je nóg een scheidingsmethode nodig.
7 De urine van mensen komt uiteindelijk in het riool terecht.
8 Het loodion in beide loodzouten heeft lading 2+.
9 Gebruik Binas 67G1.
10 Bereken het totaal aantal dubbele bindingen in 100 aanwezige vetzuurmoleculen.
11 Welke stoffen zijn er betrokken bij de beide reacties in figuur 1?
12 Hoeveel procent groter is de massa op dag 50 dan op dag 0?
13 Hoeveel massa komt er voor één crosslink netto bij (zie figuur 1 en uitwerking 11)?
14 Welke deeltjes ontstaan er als calciumchloride oplost?
15 De natriumionen komen bij het oplossen niet alleen los van de alginaationen maar ook los van elkaar.
16 De gel zit aan de buitenkant van het bolletje.
17 1 mol calciumlactaat levert evenveel calciumionen als 1 mol calciumchloride.
19 De bacteriën bevatten na de anaerobe tank een stof die ze in de aerobe tank pas omzetten. Dat is stof c.
20 In de anaerobe tank wordt polyfosfaat omgezet in fosfaat. Komt daar energie bij vrij of is daar energie voor nodig?
21 Om een esterbinding te maken moet een alcoholgroep reageren met een (carbon)zuurgroep. Het enige monomeer bevat beide groepen.
22 $(C_4H_6O_2)_{1000}$ is, bij het kloppend maken van de vergelijking, hetzelfde als 1000 $C_4H_6O_2$.
23 Let op de significantie!
24 100 g oplossing met 32 massa% magnesiumchloride bevat 32 g magnesiumchloride.
25 Een amidebinding wordt gevormd uit een aminogroep en een ....groep.
26 Bepaal eerst de ‘molecuulmassa’ van één repeterende eenheid (zie structuurformule).
27 Bij smelten worden de bindingen tussen de molecuulketens (deels) verbroken en glijden de ketens over elkaar.
28 In zone C moet Stanyl gaan stollen.
30 Zet altijd bij het hoogste energieniveau het woord ‘overgangstoestand’.
31 Waar heeft de temperatuur invloed op?
32 Zorg dat alles dat je benoemt op microniveau is.
33 Vitamine C voorkomt de kleuringsreactie wel.
34 Polyfenol reageert met zuurstof. Is zuurstof een reductor of een oxidator?
35 Waarom kan polyfenol in aanwezigheid van vitamine C niet meer met O_2 reageren?

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij examen 2017-I

Contrastmiddel voor MRI-scans

3p **1** aantal protonen: 64
aantal neutronen: 94
aantal elektronen: 61
Het aantal protonen is gelijk aan het atoomnummer van gadolinium (Binas 40A). Het aantal neutronen is het massagetal min het aantal protonen: 158 – 64. Het gadolinium-ion heeft lading 3+; het heeft dus drie elektronen minder dan het aantal protonen.

2p **2** *Mogelijke antwoorden:*
- Gadodiamide-deeltjes bevatten NH groepen. [1p]
  Deze kunnen waterstofbruggen vormen met watermoleculen. [1p]
- De negatief geladen COO groepen steken naar buiten. [1p]
  Zij kunnen daar omringd worden door de watermoleculen. [1p]

'Water' is geen begrip op microniveau; een 'watermolecuul' is dat wel.

2p **3** *Mogelijke antwoorden:*
- Na de pijl staat het zout $GdC_{16}H_{26}N_5O_8$. Dit zout bevat $C_{16}H_{26}N_5O_8^{3-}$ ionen. Deze zijn ontstaan doordat het molecuul $C_{16}H_{29}N_5O_8$, dat voor de pijl staat, 3 H^+ ionen heeft afgegeven. [1p] Het is dus een zuur-basereactie. [1p]
- Gd_2O_3 bevat O^{2-} ionen die elk bij de reactie, twee H^+ ionen opnemen (waarbij H_2O ontstaat). [1p] Het is dus een zuur-basereactie. [1p]

2p **4** $42 \cdot 100 = 4{,}2 \cdot 10^3$ mg kg^{-1}
Minder giftig betekent een grotere LD50-waarde.

3p **5** Voor een persoon van 60 kg is 12 mL een veilige hoeveelheid (zie doseringskaart).
1 mL van de vloeistof bevat 287 mg gadodiamide (zie etiket).
12 mL bevat dus $12 \cdot 287 = 3{,}44 \cdot 10^3$ mg gadodiamide. [1p]
De massa van 1 *m*mol gadodiamide is 574 mg (gegeven).

$3{,}44 \cdot 10^3$ mg gadodiamide komt dus overeen met $\frac{3{,}44 \cdot 10^3 \text{ mg}}{574 \text{ mg mmol}^{-1}} = 6{,}00$ mmol. [1p]

Voor een persoon van 60 kg is dat $\frac{6{,}00 \text{ mmol}}{60 \text{ kg}} = 0{,}10 \text{ mmol kg}^{-1}$.

Dit is niet groter dan de gegeven veilige dosering (0,1 mmol kg^{-1}), dus de veiligheidsgrens wordt niet overschreden. [1p]

2p **6** *Stapsgewijze uitvoering:*
- Voeg (voldoende van) het adsorptiemiddel Norit toe aan een oplossing met gadodiamide.
- Schud de oplossing goed.
- Laat de Norit bezinken of filtreer de Norit eruit. [1p]
- Onderzoek of de vloeistof nog gadodiamide bevat. [1p]

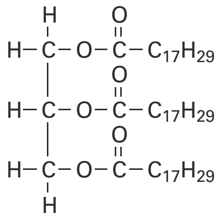
of (na de twee eerste stappen):
- Filtreer de Norit af en laat drogen. [1p]
- Onderzoek of het gewicht van de Norit is toegenomen. [1p]

2p **7** *Mogelijke antwoorden:*
- In urine is de concentratie gadodiamide veel groter dan in rioolwater. [1p]
  De verwijdering zal daardoor efficiënter zijn. [1p]
- Er is veel meer rioolwater dan urine. [1p] Je zult dus bij rioolwater veel grotere volumes moeten verwerken. Dit vereist grotere installaties. [1p]
- Rioolwater bevat nog veel meer andere stoffen dan dat urine bevat. [1p]
  Het wordt dus lastiger om (alleen) het gadodiamide te verwijderen. [1p]

'Drogen' van witte olieverf

2p **8** formule lood(II)carbonaat: $PbCO_3$
formule lood(II)hydroxide: $Pb(OH)_2$ [1p]
molverhouding lood(II)carbonaat : lood(II)hydroxide = 2 : 1 [1p]

2p **9**



drie esterbindingen [1p], rest van structuurformule [1p]

3p **10** Palmitinezuur- en stearinezuurmoleculen bevatten geen dubbele bindingen, oliezuurmoleculen bevatten elk 1 dubbele binding, linolzuurmoleculen bevatten elk 2 dubbele bindingen en linoleenzuurmoleculen bevatten er elk 3.
Per 100 vetzuurmoleculen zijn er $5 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 16 \cdot 1 + 15 \cdot 2 + 62 \cdot 3 = 232$ dubbele bindingen aanwezig (zie tabel). [1p] Dat zijn 2,32 dubbele bindingen per vetzuurmolecuul. [1p] Een triglyceridemolecuul bevat 3 vetzuren en dus gemiddeld $2{,}32 \cdot 3 = 7{,}0$ dubbele bindingen. [1p]

2p **11** Bij stap 1 reageert de olieverf met zuurstof; daardoor neemt de massa toe. [1p]
Bij stap 2 ontstaat er water (dat verdampt) en neemt de massa dus af. [1p]

2p **12** 1 mol triglyceriden had op dag 0 een (gemiddelde) massa van 873 g (gegeven).
Op dag 50 is de massatoename 12,5% (zie diagram). [1p]
Dus op dag 50 is de massa per mol triglyceriden $\frac{12{,}5}{100} \cdot 873 = 109$ g groter. [1p]

2p **13** Voor elke mol crosslinks komt er 1 mol O_2 bij en gaat er 1 mol H_2O af (zie figuur).
1 mol O_2 heeft een massa van $2 \cdot 16{,}00 = 32{,}00$ g (Binas 99). 1 mol H_2O heeft een massa van 18,015 g (Binas 98). Er komt dus netto $32{,}00 - 18{,}015 = 13{,}99$ g per mol crosslinks bij. [1p] De massatoename op dag 50 is 109 g per mol triglyceriden (gegeven).

Dit komt overeen met $\frac{109}{13{,}99} = 7{,}79$ mol crosslinks per mol triglyceriden

(3 significante cijfers). [1p]

Alginaat

2p **14** Er worden nieuwe bindingen gevormd tussen calcium- / chloride-ionen [1p] en water-moleculen. [1p]
Watermoleculen hebben een positieve en een negatieve kant. De H atomen zijn een beetje positief geladen en worden aangetrokken door negatieve ionen; het O atoom is enigszins negatief geladen en wordt aangetrokken door positieve ionen. Dit heet hydratatie.

3p **15** $Na_n(C_6H_7O_6)_n(s) \rightarrow n\, Na^+(aq) + (C_6H_7O_6)_n^{n-}(aq)$
De toestandsaanduidingen zijn niet verplicht.
alleen $Na_n(C_6H_7O_6)_n$ voor de pijl [1p], alleen Na^+ en $(C_6H_7O_6)_n^{n-}$ na de pijl [1p], kloppend gemaakt [1p]

2p **16** *Mogelijke antwoorden:*
- Blijkbaar kunnen de calciumionen door de buitenste gellaag van het bolletje heen dringen. [1p] In het bolletje reageren de calciumionen vervolgens verder met de aanwezige alginaationen tot daar ook gel ontstaat. [1p]
- De calciumionen kunnen zich mogelijk vanuit het laagje gel verplaatsen naar de ingesloten vloeistof [1p] en daar opnieuw met alginaationen crosslinks vormen. [1p]

3p **17** In het recept wordt 3,0 gram calciumchloride opgelost.
1 mol calciumchloride ($CaCl_2$) heeft een massa van 110,98 g (Binas 98).

3,0 g $CaCl_2$ komt dus overeen met $\frac{3,0\ \text{g}}{110,98\ \text{g mol}^{-1}}$ = 0,0270 mol. [1p]

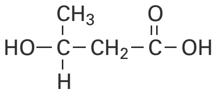
Bij het oplossen van 1 mol $CaCl_2$ ontstaat 1 mol Ca^{2+} ionen. Bij het oplossen van 0,0270 mol $CaCl_2$ ontstaat dus 0,0270 mol Ca^{2+} ionen.
Bij het oplossen van 1 mol $Ca(C_3H_5O_3)_2$ ontstaat 1 mol Ca^{2+} ionen. Om 0,0270 mol Ca^{2+} ionen te krijgen moet dus 0,0270 mol $Ca(C_3H_5O_3)_2$ worden opgelost. 1 mol $Ca(C_3H_5O_3)_2$ heeft een massa van 40,08 + 6 · 12,01 + 10 · 1,008 + 6 · 16,00 = 218,22 g (Binas 99). [1p] 0,0270 mol $Ca(C_3H_5O_3)_2$ heeft dus een massa van 0,0270 · 218,22 = 5,9 g (2 significante cijfers). [1p]

Bio-P

1p **18** eutrofiëring
Ook toegestaan: waterbloei of algenbloei (= overmatige algengroei)

2p **19** a: fosfaat
b: polyfosfaat
c: PHB
d: zuurstof
e: koolstofdioxide + water
De bacteriën hebben in de anaerobe tank PHB gevormd. Dit zetten ze pas om in de aerobe tank (gekenmerkt door de aanwezigheid van zuurstof). d moet dus zuurstof zijn en c moet PHB zijn. Er wordt koolstofdioxide en water geproduceerd, dus dat moet e zijn. Verder wordt er fosfaat omgezet in polyfosfaat dus dat moeten respectievelijk a en b zijn.
a en b [1p], c, d en e [1p]

2p **20** Bacteriën halen in de anaerobe tank energie uit de afbraak van polyfosfaat tot fosfaat (gegeven). [1p] De omzetting is dus exotherm. [1p]

2p **21**


Door herhaalde estervorming tussen de alcoholgroep en de zuurgroep van de monomeermoleculen, ontstaat de polyester PHB.
keten en zuurgroep [1p], OH groep [1p]

3p **22** $(C_4H_6O_2)_{1000}$ + 4500 O_2 → 4000 CO_2 + 3000 H_2O
Maak eerst C en H kloppend en als laatste O.
$(C_4H_6O_2)_{1000}$ en O_2 voor de pijl en CO_2 en H_2O na de pijl [1p], C kloppend gemaakt [1p], H en O kloppend gemaakt [1p]

2p **23** pH + pOH = 14,00 (bij T = 298 K) → pOH = 14,00 – pH = 14,00 – 7,8 = 6,2 [1p]
$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-6,2} = 6 \cdot 10^{-7}$ mol L^{-1} (1 significant cijfer). [1p]
Het aantal significante cijfers van $[OH^-]$ is het aantal decimalen van de pH-waarde.

© ThiemeMeulenhoff

3p **24** 2,5 ton = $2,5 \cdot 10^3$ kg = $2,5 \cdot 10^6$ g
De massa van 1 mol struviet is 245,41 g (gegeven) en de massa van 1 mol magnesiumchloride ($MgCl_2$) is 95,211 g (Binas 98). 1 mol struviet ontstaat uit 1 mol Mg^{2+}, dat zelf weer ontstaat bij het oplossen van 1 mol $MgCl_2$. [1p]
methode 1 (met massaverhouding):

reactie in mol:	1 mol $MgCl_2$	geeft	1 mol struviet
mol → gram:	95,211 g		245,41 g
gevraagd/gegeven:	x g		$2,5 \cdot 10^6$ g

$245,41 \cdot x = 95,211 \cdot 2,5 \cdot 10^6 \Rightarrow x = \frac{95,211 \cdot 2,5 \cdot 10^6}{245,41} = 9,70 \cdot 10^5 \Rightarrow$
er is $9,70 \cdot 10^5$ g $MgCl_2$ nodig. [1p]

De gebruikte $MgCl_2$ oplossing bevat 32 massaprocent $MgCl_2$ (gegeven) ⇒
100 g oplossing bevat 32 g $MgCl_2$.

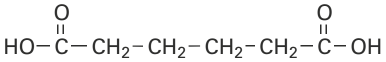
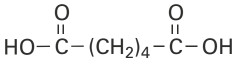
Voor $9,70 \cdot 10^5$ g $MgCl_2$ is dus $\frac{100}{32} \cdot 9,70 \cdot 10^5$ g = $3,0 \cdot 10^6$ g = $3,0 \cdot 10^3$ kg $MgCl_2$ oplossing nodig (2 significante cijfers). [1p]

methode 2 (met molberekening):

$2,5 \cdot 10^6$ g struviet komt overeen met $\frac{2,5 \cdot 10^6\ \text{g}}{245,41\ \text{g mol}^{-1}} = 1,02 \cdot 10^4$ mol struviet.

Dit ontstaat uit $1,02 \cdot 10^4$ mol $MgCl_2$ met een massa van
$1,02 \cdot 10^4 \cdot 95,211 = 9,70 \cdot 10^5$ g. [1p] (zie verder vervolg van methode 1)

Stanyl®

2p **25**

of


keten [1p], zuurgroepen [1p]

2p **26** Het stuk tussen haakjes in de structuurformule is de repeterende eenheid van Stanyl.
De formule van de repeterende eenheid is $C_{10}H_{18}N_2O_2$.
De 'molecuulmassa' hiervan is 10 · 12,01 + 18 · 1,008 + 2 · 14,01 + 2 · 16,00 = 198,3 u (Binas 99). [1p] De genoemde Stanyl-soort met gemiddelde molecuulmassa van $2,0 \cdot 10^4$ u bevat dus gemiddeld $\frac{2,0 \cdot 10^4\ \text{u}}{198,3\ \text{u}} = 1,0 \cdot 10^2$ repeterende eenheden (2 sign. cijfers). [1p]

2p **27** Bij Stanyl liggen de waterstofbruggen dichter bij elkaar. Het bevat dus meer waterstofbruggen dan nylon-6,6 (over dezelfde lengte gemeten). [1p]
Omdat er meer bindingen tussen de ketens zijn, gaan de ketens moeilijker uit elkaar en is de smelttemperatuur van Stanyl dus hoger dan van nylon-6,6. [1p]

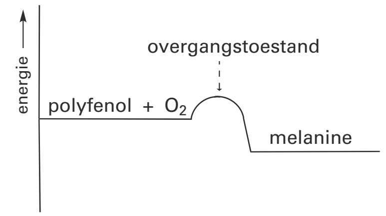
2p **28** zone A: 280 - 320 °C
zone B: 305 - 335 °C
zone C: 80 - 120 °C
In zone A moet Stanyl smelten, dus de temperatuur is rond het smeltpunt. Bij het verplaatsen moet Stanyl vloeibaar blijven; daarom is in zone B de temperatuur boven het smeltpunt. In zone C moet Stanyl stollen dus daar moet de temperatuur onder het smeltpunt van Stanyl zijn.
zone A en zone B [1p], zone C [1p]

© ThiemeMeulenhoff

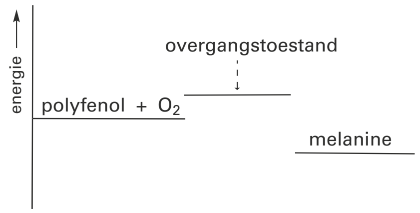
Bruin worden van appels

1p **29** tyrosine

3p **30**



of



De reactie is exotherm (gegeven). Er komt dus energie vrij. Dus het reactieproduct heeft minder energie dan de beginstoffen.
niveau beginstoffen hoger dan niveau reactieproduct [1p], niveau overgangstoestand [1p], vermeldingen bij niveaus [1p]

2p **31** *Mogelijke antwoorden:*
- Bij een lage temperatuur is de reactiesnelheid te klein om al in 30 minuten bruinkleuring te zien. [1p] Als de temperatuur hoger wordt, neemt de reactiesnelheid toe en kleuren de appelpartjes wel bruin. [1p]
- Bij een lage temperatuur is er niet genoeg energie om de overgangstoestand te bereiken. [1p] Bij kamertemperatuur is er wel genoeg energie en kan de bruinkleuringsreactie wel plaatsvinden. [1p]
- Enzymen hebben een optimumtemperatuur. Bij lage temperaturen is de werking van het enzym, dat verantwoordelijk is voor de bruinkleuring, te gering om al in 30 minuten bruinkleuring te geven. [1p] Bij opwarmen wordt de enzymwerking sterker, want je komt dichter bij het temperatuuroptimum. [1p]
  Bij een te hoge temperatuur kun je een enzym inactief maken, doordat de eiwitstructuur verandert.

2p **32** Sacharosemoleculen bevatten OH groepen. [1p] Zij kunnen dus waterstofbruggen vormen met watermoleculen. [1p]

2p **33** experiment A: appelpartjes besprenkelen met de citroenzuuroplossing (bij kamertemperatuur)
waarneming bij A: bruinkleuring na 30 minuten
experiment B: appelpartjes besprenkelen met de oplossing van vitamine C (bij kamertemperatuur)
waarneming bij B: geen bruinkleuring na 30 minuten
De experimenten moeten hetzelfde worden uitgevoerd als experiment 3.
beide experimenten [1p], beide waarnemingen [1p]

2p **34** *Mogelijke antwoorden:*
- Zuurstof is een oxidator (Binas 48). Vitamine C reageert met zuurstof [1p] en is dus een reductor. [1p]
- Polyfenol is een reductor (gegeven) en reageert met zuurstof. Vitamine C reageert ook met zuurstof [1p] en is dus ook een reductor. [1p]

2p **35** Vitamine C is blijkbaar een sterkere reductor dan polyfenol. Het zal dus in plaats van polyfenol reageren met zuurstof. [1p] Door het wegnemen van zuurstof zal de kleurreactie niet of pas na langere tijd plaatsvinden. [1p]

© ThiemeMeulenhoff

Examen 2017-II

Jodiumtinctuur

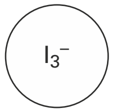
In de verbanddoos thuis vindt Hannah een flesje met een vloeistof waarop staat ‘sol iodi spir 20 mg/mL’. Ze is nieuwsgierig wat dit voor vloeistof is. Haar moeder vertelt dat het jodiumtinctuur is, een middel om wondjes te ontsmetten. Jodium is de triviale naam voor jood (I_2). Een ‘tinctuur’ is een oplossing in alcohol (ethanol). Jodiumtinctuur bestaat uit jood, ethanol, water en natriumjodide of kaliumjodide. Jodiumtinctuur kan worden gebruikt om de huid te ontsmetten voorafgaand aan injecties en operaties of om wondjes te ontsmetten.

Jood is slecht oplosbaar in water. Maar doordat er ook jodide-ionen aanwezig zijn, worden I_3^- ionen gevormd. De I_3^- ionen worden door watermoleculen gehydrateerd. Hierdoor lost het jood beter op. In de bijlage is schematisch een I_3^- ion weergegeven.

2p **1** Verklaar waarom jood slecht oplosbaar is in water. Licht je antwoord toe op microniveau.

2p **2** Teken in de bijlage, in structuurformule, drie watermoleculen die het I_3^- ion hydrateren.

bijlage bij vraag 2



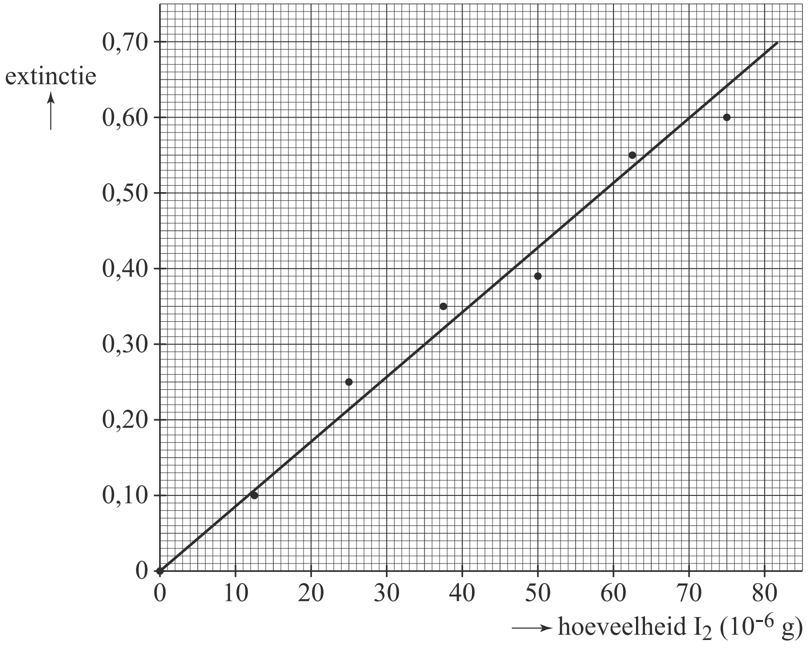
Het flesje dat Hannah heeft gevonden, is al een paar jaar oud. Daarom onderzoekt ze of het joodgehalte dat op het etiket staat nog juist is. Ze gebruikt daarvoor een standaardoplossing die 12,5 mg I_2 per liter bevat en een zetmeeloplossing. Wanneer een joodoplossing en een zetmeeloplossing worden samengevoegd, ontstaat een blauw gekleurde oplossing. Met behulp van beide oplossingen en water maakt ze een reeks oplossingen, waarvan ze de extinctie (een maat voor de kleurintensiteit) meet. Haar resultaten zijn in onderstaande tabel weergegeven:

buis	standaardoplossing (mL)	zetmeeloplossing (mL)	water (mL)	extinctie
0	0,00	1,00	9,00	0,00
1	1,00	1,00	8,00	0,10
2	2,00	1,00	7,00	0,25
3	3,00	1,00	6,00	0,35
4	4,00	1,00	5,00	0,39
5	5,00	1,00	4,00	0,55
6	6,00	1,00	3,00	0,60

Hannah berekent voor elke buis de massa jood die hierin aanwezig is.

2p **3** Bereken hoeveel gram jood de oplossing in buis 4 bevat.

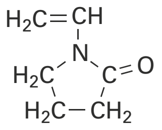
Van haar resultaten maakt Hannah een ijklijn, die hieronder is weergegeven.



Vervolgens doet Hannah 1,00 mL van de jodiumtinctuur uit de verbanddoos in een maatkolf en vult deze aan met water tot 1,00 L.
Van deze verdunde jodiumtinctuur doet ze 4,00 mL in een reageerbuis, en voegt er 1,00 mL zetmeeloplossing en 5,00 mL water aan toe. Ze mag aannemen dat alle jood in dit mengsel aanwezig is als I_2. Ze meet de extinctie van het mengsel, deze blijkt 0,51 te zijn.

3p **4** Bereken met behulp van de ijklijn het aantal mg I_2 in 1,00 mL van de onverdunde tinctuur. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

Op open wondjes kan beter povidonjodium (betadine) worden gebruikt; dit geeft weinig irritatie op een beschadigde huid: het 'prikt' niet.
Povidonjodium lost op in water. Het jood komt daarbij langzaam vrij.
Hierdoor heeft povidonjodium een langdurende bacteriedodende werking.
Povidonjodium bestaat uit additiepolymeren van vinylpyrrolidon waaraan jood is gebonden. Deze binding is niet covalent. De structuurformule van vinylpyrrolidon is hieronder weergegeven:



3p **5** Geef de structuurformule van een fragment van het polymeer van vinylpyrrolidon. Dit fragment moet komen uit het midden van het polymeermolecuul en bestaan uit drie monomeereenheden.

Groene stroom

Groene planten zetten tijdens de fotosynthese lichtenergie om tot chemische energie. De vergelijking van deze reactie is hieronder weergegeven:

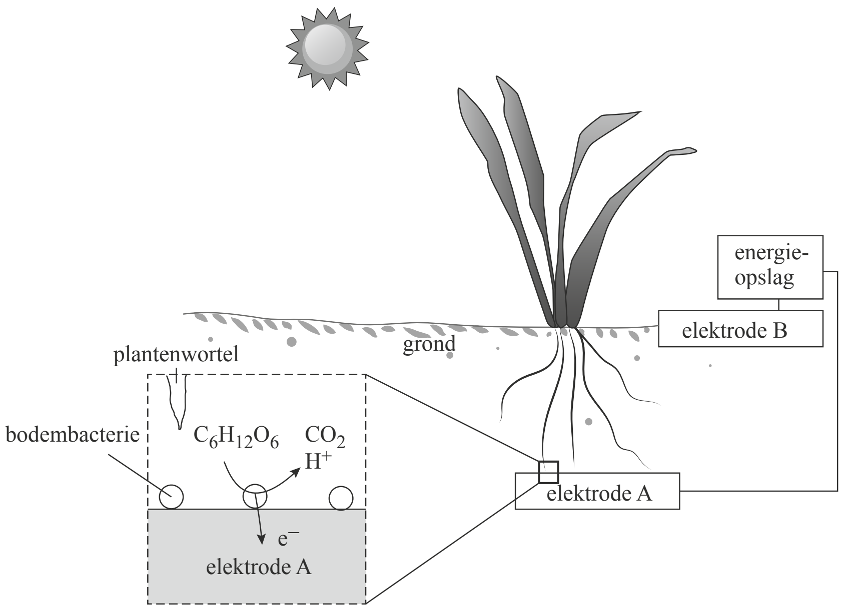
$6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g)$

3p **6** Bereken hoeveel joule lichtenergie nodig is voor de vorming van een mol glucose (bij T = 298 K en $p = p_0$). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2 en gebruik voor de vormingswarmte van glucose $-12{,}74 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

Glucose wordt door planten gebruikt als brandstof en als bouwstof voor allerlei organische verbindingen. Zo wordt het polymeer cellulose gevormd door polycondensatie van glucose. Hierbij ontstaat ook water.

2p **7** Geef de vergelijking van deze polycondensatie in molecuulformules. Gebruik voor cellulose de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Planten geven via de wortels een aanzienlijk deel van hun organische verbindingen af aan de bodem. Bodembacteriën breken deze verbindingen vervolgens af, waarbij elektronen en H^+ ionen worden overgedragen. Het bedrijf Plant-e heeft een brandstofcel ontwikkeld die met behulp van deze deeltjes elektrische stroom kan produceren. Deze brandstofcel is in de onderstaande figuur schematisch en vereenvoudigd weergegeven. Hierbij staat $C_6H_{12}O_6$ symbool voor alle organische verbindingen die door de plantenwortels worden afgegeven. De grond die wordt gebruikt in de brandstofcel is nat en licht zuur.



Het proces in de brandstofcel kan als volgt met halfreacties worden weergegeven:

bij elektrode A: $C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O \rightarrow 6\ CO_2 + 24\ H^+ + 24\ e^-$
bij elektrode B: $O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O$

2p **8** Is elektrode A de positieve of de negatieve elektrode? Licht je antwoord toe.

Naima leidt met behulp van bovenstaande vergelijkingen van de halfreacties de totale vergelijking af van de reactie die plaatsvindt in de brandstofcel. Ze concludeert dat de zuurgraad van de bodem als gevolg van het proces in de brandstofcel niet verandert. Meron beweert echter aan de hand van de opgestelde totale vergelijking dat de zuurgraad van de bodem wel verandert.

2p **9** Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de totale vergelijking af van de reactie die plaatsvindt in de brandstofcel.

2p **10** Geef voor beiden een argument om hun bewering te ondersteunen.
Noteer je antwoord als volgt:
argument voor Naima: …
argument voor Meron: …

De elektrodes van de brandstofcel zijn gemaakt van grafiet. Grafiet bestaat uit lagen koolstof van één atoom dik. Binnen één laag zijn de koolstofatomen met elkaar verbonden door covalente bindingen. Deze covalente bindingen worden gevormd door elektronen uit de L-schillen van de koolstofatomen. De elektronen uit de L-schillen die niet betrokken zijn bij een covalente binding zorgen voor het elektrisch geleidingsvermogen van grafiet.

3p **11** Leg uit hoeveel elektronen per koolstofatoom betrokken zijn bij het elektrisch geleidingsvermogen van grafiet. Betrek in je antwoord het aantal elektronen in de L-schil van een koolstofatoom en ga uit van:
- de afbeelding van (gelaagd) grafiet in Binas-tabel 67E of ScienceData-tabel 11.1f;
- een koolstofatoom in het midden van een laag in grafiet.

Onder optimale omstandigheden wordt in de brandstofcel slechts 42% van de hoeveelheid chemische energie die door een plant is vastgelegd, omgezet in elektrische energie.

1p **12** Geef een reden waardoor in de brandstofcel slechts een deel van de chemische energie die door planten is vastgelegd, omgezet kan worden in elektrische energie.

2p **13** Bereken het aantal vierkante meter begroeiing dat nodig is om onder optimale omstandigheden een gemiddeld Nederlands huishouden van elektrische stroom te voorzien met het proces van Plant-e. Ga er bij de berekening van uit dat:
- de zon in Nederland circa $3{,}6 \cdot 10^9$ joule per vierkante meter per jaar levert;
- planten 5,0% van deze lichtenergie omzetten tot chemische energie;
- een gemiddeld Nederlands huishouden per jaar $1{,}2 \cdot 10^{10}$ joule elektrische energie verbruikt.

Zuurstof

In het water van rivieren en zeeën bevindt zich opgeloste zuurstof. Om het zuurstofgehalte in bijvoorbeeld zeewater te bepalen, brengt men een hoeveelheid van dit zeewater in een erlenmeyer. Hieraan worden kleine hoeveelheden mangaan(II)-sulfaatoplossing en kaliumjodide-oplossing toegevoegd.

Het kaliumjodide is opgelost in 12 M kaliumhydroxide-oplossing.

2p **14** Bereken de pH van een 12 M kaliumhydroxide-oplossing bij *T* = 298 K.

Bij het mengen van zuurstofhoudend water met de toegevoegde oplossingen treden twee reacties op:

reactie 1: Mangaan(II)ionen reageren met hydroxide-ionen tot mangaan(II)hydroxide ($Mn(OH)_2$).

reactie 2: Het gevormde mangaan(II)hydroxide reageert met het opgeloste zuurstof en water. Hierbij ontstaat als enige reactieproduct het vaste mangaan(III)-hydroxide ($Mn(OH)_3$).

2p **15** Geef de vergelijking van reactie 2.

Als het gevormde mangaan(III)hydroxide is bezonken, wordt verdund zwavelzuur toegevoegd. In het ontstane zure milieu vindt een redoxreactie plaats tussen mangaan(III)-hydroxide en de jodide-ionen uit de eerder toegevoegde kaliumjodide-oplossing.
De totale vergelijking van deze redoxreactie is:

$$2\ Mn(OH)_3 + 2\ I^- + 6\ H^+ \rightarrow 2\ Mn^{2+} + I_2 + 6\ H_2O$$

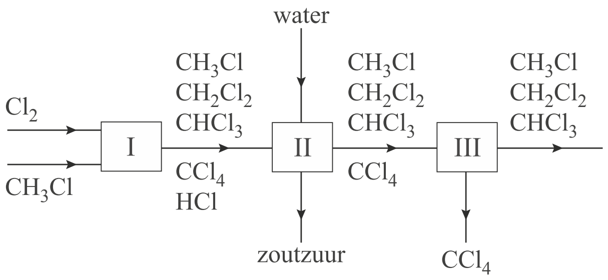
2p **16** Geef de vergelijking van de halfreactie waarbij mangaan(III)hydroxide met waterstofionen wordt omgezet tot mangaan(II)ionen en water.

Tot slot van de zuurstofbepaling wordt de hoeveelheid jood die is gevormd, bepaald door titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat. De benodigde hoeveelheid natriumthiosulfaat is een maat voor de hoeveelheid zuurstof. Voor 150 mL zeewater, dat op deze wijze werd onderzocht, was 14,70 mL 0,0105 M natriumthiosulfaatoplossing nodig.

3p **17** Bereken het aantal gram zuurstof per L onderzocht zeewater.
Gebruik bij de berekening het gegeven dat de molverhouding van het benodigde natriumthiosulfaat en de aanwezige zuurstof 4 : 1 is.

Productie van dichloormethaan

Dichloormethaan (CH_2Cl_2) wordt onder meer gebruikt als oplosmiddel en toegepast als verfafbijtmiddel en ontvettingsmiddel. In een fabriek wordt dichloormethaan geproduceerd uit chloor en chloormethaan.
In het blokschema is een gedeelte van het productieproces van dichloormethaan vereenvoudigd weergegeven.



In ruimte I treden drie reacties op.

$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$ (reactie 1)
$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl$ (reactie 2)
$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$ (reactie 3)

Het gasmengsel dat is ontstaan in ruimte I wordt naar ruimte II geleid.

In ruimte II vindt een eerste scheiding plaats. Het overgebleven gasmengsel wordt daarna in ruimte III door middel van destillatie verder gescheiden.

In onderstaande tabel staan gegevens van de stoffen in het gasmengsel dat in ruimte I ontstaat.

molecuulformule	molaire massa ($g\ mol^{-1}$)	kookpunt (K bij $p = p_0$)
CH_3Cl	50,48	249
CH_2Cl_2	84,93	313
$CHCl_3$	119,4	334
CCl_4	153,8	350
HCl	36,46	188

1p **18** Geef de structuurformule van dichloormethaan.

2p **19** De reacties die optreden in ruimte I zijn van hetzelfde type.
Welk type reactie is dat? Licht je antwoord toe.

2p **20** Bereken de atoomeconomie voor de vorming van dichloormethaan volgens reactie 1. Maak gebruik van Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7 en geef je antwoord in gehele procenten.

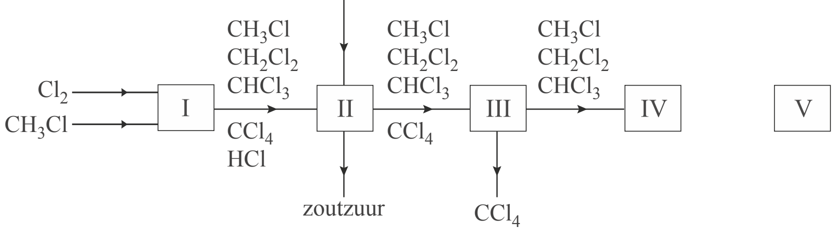
2p **21** Leg uit aan de hand van het eerder genoemde blokschema van welke scheidingsmethode gebruik wordt gemaakt in ruimte II.

2p **22** Geef de temperatuurgrenzen in Kelvin waarbinnen tetrachloormethaan nog als enige bestanddeel vloeibaar is, zodat het in ruimte III als residu afgescheiden kan worden. Neem aan dat voor de druk geldt dat $p = p_0$. Noteer je antwoord als volgt:
ondergrens: net boven …
bovengrens: net onder …

In de bijlage is het blokschema uitgebreid met ruimte IV en ruimte V. In ruimte IV wordt CH_3Cl gescheiden van het mengsel dat ruimte III verlaat en gerecirculeerd. In ruimte V wordt ten slotte het overgebleven mengsel van CH_2Cl_2 en $CHCl_3$ gescheiden.

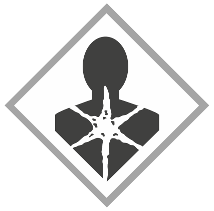
2p **23** Geef in het blokschema in de bijlage de ontbrekende stofstromen en de bijbehorende stoffen op de juiste wijze weer.

bijlage bij vraag 23



De fabriek verbruikt $3{,}7 \cdot 10^4$ ton CH_3Cl per jaar. De netto-opbrengst aan CH_2Cl_2 bedraagt $5{,}0 \cdot 10^4$ per jaar (1,0 ton = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg).

3p **24** Bereken het rendement van het beschreven productieproces als percentage van de theoretisch maximale opbrengst per jaar.



Sinds 2008 is het gebruik van dichloormethaan door particulieren verboden. Verpakkingen met dichloormethaan bevatten het gevaarsymbool dat hiernaast is weergegeven.

1p **25** Geef een reden om het gebruik van dichloormethaan door particulieren te verbieden. Maak gebruik van Binas-tabel 97B of ScienceData-tabel 38.1.

Rubisco

Ons voedsel bestaat voornamelijk uit vetten, koolhydraten en eiwitten. Deze eiwitten kunnen van dierlijke of plantaardige oorsprong zijn. Een voorbeeld van een plantaardig eiwit is rubisco, dat aanwezig is in bladeren van planten, zoals suikerbiet en spinazie. In ons lichaam wordt rubisco afgebroken. De hydrolyseproducten worden vervolgens omgezet tot nieuwe eiwitten.

1p **26** Geef aan welke functie eiwitten in het lichaam hebben.

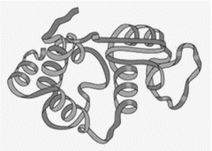
In de eiwitketens van rubiscomoleculen komt het volgende fragment voor:

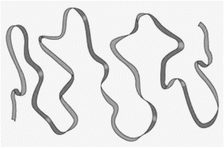
~Val-Gly-Leu~

3p **27** Geef de structuurformule van dit fragment. Maak gebruik van Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7c.

Onderzoekers van TNO hebben een proces ontwikkeld om rubisco uit planten te isoleren. Dit proces is hieronder vereenvoudigd beschreven.
stap a: Bladeren worden geperst en het sap wordt verzameld.
stap b: Aan het plantensap wordt natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$) toegevoegd.
stap c: Vervolgens worden door bezinken en centrifugeren vaste deeltjes uit het mengsel verwijderd.
stap d: Door middel van (membraan)filtratie wordt de rubisco daarna gescheiden van de overige opgeloste stoffen.
stap e: Het residu, dat een hoog gehalte rubisco bevat met een beetje water, wordt gedroogd. Hierdoor ontstaat een eiwitpoeder.

Het natriumthiosulfaat (stap b) wordt toegevoegd om de ruimtelijke structuur van de rubiscomoleculen te behouden. Eiwitketens zijn opgevouwen tot een driedimensionale structuur door middel van onder meer waterstofbruggen, vanderwaalsbindingen en crosslinks. Als eiwitmoleculen in contact komen met zuurstofmoleculen kan deze driedimensionale structuur worden verbroken en ontstaan uitgevouwen eiwitmoleculen. In de onderstaande figuur worden schematisch een opgevouwen en een uitgevouwen eiwitmolecuul weergegeven.


opgevouwen eiwitmolecuul


uitgevouwen eiwitmolecuul

Wanneer rubiscomoleculen zijn uitgevouwen, kunnen de moleculen van sommige opgeloste stoffen uit het plantensap aan de rubiscomoleculen binden. Deze moleculen zijn grotendeels apolair. Het eiwit krijgt door deze moleculen een onaangename smaak en geur. Om dit te voorkomen wordt bij stap b natriumthiosulfaat toegevoegd dat met zuurstof reageert.

1p **28** Geef een verklaring voor het gegeven dat de moleculen van de stoffen die een onaangename smaak en geur veroorzaken, gemakkelijker binden wanneer de rubiscomoleculen zijn uitgevouwen.

Bij stap d wordt opgeloste rubisco gescheiden van de andere opgeloste stoffen. De vloeistof wordt daarbij door een membraan geperst dat niet alle opgeloste stoffen doorlaat. Deze scheidingsmethode is een filtratie.

2p **29** Geef een mogelijke oorzaak op microniveau voor het gegeven dat rubisco in het residu voorkomt, terwijl andere opgeloste stoffen in het filtraat terechtkomen. Licht je antwoord toe.

Rubisco is een waardevol eiwit, omdat het alle essentiële aminozuren bevat. Het kan worden gebruikt in vleesvervangers, net als eiwitten uit melk, ei en soja. In Nederland kan theoretisch ongeveer $7{,}5 \cdot 10^7$ kg eiwit per jaar uit suikerbietenblad worden geïsoleerd. Dit blad blijft normaal gesproken, na het oogsten van de suikerbieten, achter op het land.
Rubisco kan ook uit spinazie of andere planten worden gewonnen. Bietenblad heeft echter de voorkeur.

1p **30** Geef een voordeel van het gebruik van bietenblad in vergelijking met het gebruik van spinazie als bron voor rubisco.

Rijsmiddelen

In veel recepten voor gebak wordt bakpoeder gebruikt als rijsmiddel. Het actieve bestanddeel van bakpoeder is het waterstofcarbonaation (HCO_3^-). Door de aanwezigheid van waterstofcarbonaationen ontstaat tijdens de bereiding koolstofdioxide. Doordat het deeg een deel van het koolstofdioxide vasthoudt, rijst het baksel.

2p **31** Beredeneer op macroniveau waarom het ontstaan van koolstofdioxide ervoor zorgt dat het baksel rijst.

Het koolstofdioxide ontstaat door een zuur-basereactie. Het zuur kan als ingrediënt, bijvoorbeeld citroensap, in het baksel aanwezig zijn of aan het bakpoeder zijn toegevoegd zoals in wijnsteenzuurbakpoeder.
Wijnsteenzuurbakpoeder bevat behalve natriumwaterstofcarbonaat ($NaHCO_3$) ook wijnsteenzuur ($C_4H_6O_6$) en een beetje zetmeel. Voor het maken van gebak met behulp van dit bakpoeder is water nodig, zodat de volgende reactie (reactie 1) kan plaatsvinden:

$$HCO_3^-(aq) + C_4H_6O_6(s) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l) + C_4H_5O_6^-(aq)$$

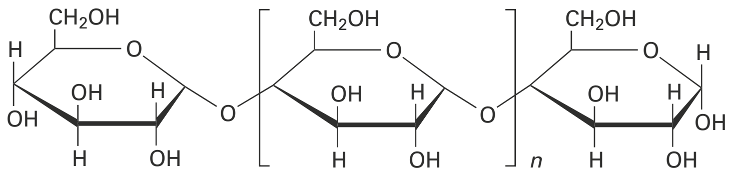
2p **32** Leg uit, aan de hand van de formules in de vergelijking van reactie 1, dat deze reactie een zuur-basereactie is.

Bij reactie 1 ontstaat een opgelost zout.

1p **33** Geef de formule van dit zout.

3p **34** Bereken, aan de hand van reactie 1, hoeveel liter CO_2 ontstaat wanneer alle wijnsteenzuur uit een zakje wijnsteenzuurbakpoeder reageert.
Gebruik hierbij de volgende gegevens:
- een zakje bevat 10 gram wijnsteenzuurbakpoeder;
- wijnsteenzuurbakpoeder bevat 55 massaprocent wijnsteenzuur;
- het volume van 1 mol koolstofdioxide is bij de gebruikte baktemperatuur 35 L.

Wijnsteenzuurbakpoeder bevat zetmeel, dat is toegevoegd omdat dit water uit de lucht bindt. Zetmeel bestaat voornamelijk uit amylose. De formule van amylose is hieronder weergegeven:



2p **35** Geef een beschrijving op microniveau hoe water bindt aan zetmeel. Neem hierbij aan dat zetmeel volledig bestaat uit amylose.

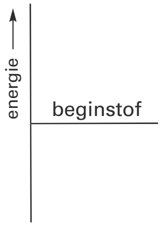
1p **36** Licht toe dat het binden van water aan zetmeel voorkomt dat wijnsteenzuurbakpoeder al voor gebruik reageert, wanneer dit bakpoeder wordt bewaard in een vochtige omgeving. Maak gebruik van reactie 1.

Ammoniumwaterstofcarbonaat kan ook als rijsmiddel worden gebruikt. In dat geval is geen water en geen zuur nodig. Het koolstofdioxide ontstaat tijdens het bakproces door thermolyse volgens:

$$NH_4HCO_3 \rightarrow NH_3 + H_2O + CO_2 \qquad \text{(reactie 2)}$$

2p **37** Maak in de bijlage het energiediagram van reactie 2 af.
Noteer daarin, met de bijbehorende bijschriften, het energieniveau van de geactiveerde toestand en het energieniveau van de reactieproducten.

bijlage bij vraag 37



De keuze voor het soort bakpoeder hangt af van het soort baksel (zie hieronder).
Een nadeel van het gebruik van ammoniumwaterstofcarbonaat is bijvoorbeeld dat het baksel een nare ammoniakgeur kan krijgen.

eierkoeken

muffin

1p **38** Geef een reden waarom ammoniumwaterstofcarbonaat geschikter is voor een eierkoek dan voor een muffin.

Hints bij examen 2017-II

1 Welke groepen moet een stof bevatten om op te lossen in water?
2 Hydrateren komt door een aantrekkingskracht tussen kleine plus- en minladingen.
3 In de tekst boven de tabel staat de concentratie van de standaardoplossing.
4 Hannah heeft de oplossing waarvan ze de bepaling doet, eerst verdund.
5 Bij een additiereactie springt alleen de dubbele binding tussen koolstofatomen open.
6 De vormingswarmte van niet-ontleedbare stoffen, zoals zuurstof, is nul.
7 Voor de pijl staan *n* (niet aan elkaar gebonden) glucosemoleculen.
8 Reageert bij elektrode A de reductor of de oxidator?
9 Maak het aantal elektronen in beide halfreacties eerst gelijk.
10 Ontstaan er H^+ ionen bij de totaalreactie? En andere zure stoffen?
11 De L-schil is de tweede schil van een atoom (zie Binas 99).
13 Bij het proces wordt lichtenergie omgezet in chemische energie en vervolgens chemische energie in elektrische energie. Het rendement is beide keren niet 100%.
14 Bereken eerst de pOH.
15 In de vergelijking krijgen de beide mangaanverbindingen dezelfde coëfficiënt.
16 Maak eerst de atoomsoorten kloppend en bepaal dan met de ladingsbalans aan welke kant de elektronen moeten staan.
17 Er wordt 150 mL = 0,150 L zeewater onderzocht.
19 De chloormoleculen worden gesplitst. Waar gaat elk van de chlooratomen heen?
20 Gebruik de massa's uit de tabel; dat scheelt tijd.
21 Zoutzuur, de stof die onder uit ruimte II komt, is een oplossing van HCl.
22 Gebruik de tabel; CCl_4 moet vloeibaar blijven.
23 Er moet in het uiteindelijke blokschema nog wel CH_3Cl naar binnen worden geleid in ruimte I.
24 De formule van rendement staat in Binas 37H.
27 Bij het vormen van een peptidebinding geeft de zuurgroep OH af en de aminegroep een H atoom.
29 Wat is het principe van de scheidingsmethode filtreren?
31 Rijzen betekent dat het volume toeneemt.
32 Bij een zuur-basereactie wordt H^+ van een zuur overgedragen aan een base. Benoem hier zowel het zuur als de base.
34 De gegeven 10 gram bakpoeder bestaat niet alleen uit wijnsteenzuur.
35 Zorg dat alles dat je benoemt, op microniveau is.
37 Is bij een thermolyse energie nodig of komt er energie vrij?

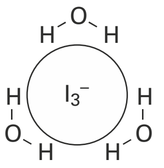
© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij examen 2017-II

Jodiumtinctuur

2p **1** Joodmoleculen bevatten geen NH of OH groepen en kunnen dus geen waterstofbruggen aangaan met watermoleculen. [1p]
Daardoor is jood slecht oplosbaar in water. [1p]

2p **2**

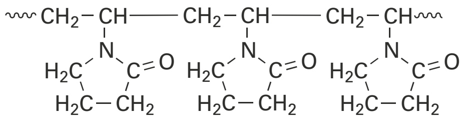


De watermoleculen worden met hun positieve kant naar het negatieve ion toegetrokken.
drie keer structuurformule van water om ion [1p], met H naar het ion gericht [1p]

2p **3** Buis 4 bevat 4,00 mL = $4{,}00 \cdot 10^{-3}$ L standaardoplossing. 1,00 L standaardoplossing bevat 12,5 mg jood (gegeven) $\Rightarrow$ $4{,}00 \cdot 10^{-3}$ L standaardoplossing bevat $4{,}00 \cdot 10^{-3} \cdot 12{,}5 = 5{,}00 \cdot 10^{-2}$ mg [1p] = $5{,}00 \cdot 10^{-5}$ g jood (3 significante cijfers). [1p]

3p **4** Bij een extinctie van 0,51 hoort een hoeveelheid jood van $59{,}5 \cdot 10^{-6}$ g (zie ijklijn). [1p]
Dit zat in een 1000 keer verdunde joodoplossing (van 1,00 mL naar 1,00 L).
De oorspronkelijke hoeveelheid was dus 1000 keer zo groot: $59{,}5 \cdot 10^{-3}$ g jood. [1p]
Dit bevond zich in 4,00 mL. In 1,00 mL zat dus $\frac{59{,}5 \cdot 10^{-3}}{4{,}00} = 15 \cdot 10^{-3}$ g = 15 mg jood (2 significante cijfers). [1p]

3p **5**



keten van zes C atomen zonder dubbele bindingen [1p], zijgroepen [1p], uiteinden en rest van structuurformule [1p]

Groene stroom

3p **6** De reactiewarmte van de reactie is $\Delta E = \Sigma E_{\text{vorming reactieproducten}} - \Sigma E_{\text{vorming beginstoffen}} = E_{\text{vorming glucose}} + E_{\text{vorming zuurstof}} - E_{\text{vorming koolstofdioxide}} - E_{\text{vorming water}} =$
$-12{,}74 \cdot 10^5 + 6 \cdot 0 + 6 \cdot 3{,}935 \cdot 10^5 + 6 \cdot 2{,}86 \cdot 10^5 = 28{,}03 \cdot 10^5$ J (per mol glucose).
De vormingswarmte van niet-ontleedbare stoffen, zoals zuurstof, is per definitie 0.
$+3{,}935 \cdot 10^5$ en $+2{,}86 \cdot 10^5$ [1p], 6 · bij warmtes van CO_2 en H_2O [1p], $-12{,}74 \cdot 10^5$ en optelling [1p]

2p **7** $n\ C_6H_{12}O_6 \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_n + n\ H_2O$
alleen $C_6H_{12}O_6$ voor de pijl en alleen $(C_6H_{10}O_5)_n$ en H_2O na de pijl [1p], kloppend gemaakt [1p]

2p **8** Bij elektrode A worden elektronen afgegeven / reageert de reductor. [1p]
Het is dus de negatieve elektrode. [1p]
Elektrode A neemt de elektronen op die ontstaan bij de halfreactie. Daardoor wordt de elektrode negatief geladen.

2p **9** bij elektrode A: $C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O \rightarrow 6\ CO_2 + 24\ H^+ + 24\ e^-$
bij elektrode B: $O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O$ . . . . 6×

opgeteld (zonder e^-): $C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O + 6\ O_2 + 24\ H^+ \rightarrow 6\ CO_2 + 24\ H^+ + 12\ H_2O$ [1p]
totale reactie (na wegstrepen H^+ en H_2O): $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ [1p]

2p **10** argument voor Naima: In de totale reactievergelijking staat geen H^+ meer.
argument voor Meron: Er ontstaat koolstofdioxide en water dat samen koolzuur vormt, waardoor de pH daalt. / Er ontstaat water waardoor verdunning optreedt en de pH richting 7 zal gaan.

3p **11** Koolstof heeft vier elektronen in de L-schil (Binas 99). [1p] Elk koolstofatoom in het midden van een laag grafiet is covalent met drie andere koolstofatomen verbonden (Binas 67E). [1p] Het heeft dus drie elektronen die betrokken zijn bij een binding.
Er is dus nog één elektron voor elektrisch geleidingsvermogen beschikbaar. [1p]

1p **12** *Mogelijke antwoorden:*
- Een deel van chemische energie wordt omgezet in warmte / gaat verloren.
- Een deel van de chemische energie wordt door de plant gebruikt voor biologische processen.
- Niet alle organische stoffen kunnen / glucose kan gebruikt worden voor de reactie, omdat de plant een deel nodig heeft om te groeien / bouwstoffen te maken.

2p **13** Er is $1{,}2 \cdot 10^{10}$ J aan elektrische energie per gemiddeld Nederlands huishouden per jaar nodig (gegeven). De omzetting van chemische naar elektrische energie heeft een rendement van 42% (gegeven). Om $1{,}2 \cdot 10^{10}$ J aan elektrische energie te produceren is dus $\frac{100}{42} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{10} = 2{,}86 \cdot 10^{10}$ J aan chemische energie nodig.
Planten zetten 5,0% van de lichtenergie om in chemische energie (gegeven).
Om $2{,}86 \cdot 10^{10}$ J aan chemische energie op te slaan is dus $\frac{100}{5{,}0} \cdot 2{,}86 \cdot 10^{10} = 5{,}71 \cdot 10^{11}$ J aan lichtenergie nodig. [1p] De zon levert per jaar op elke m^2 $3{,}6 \cdot 10^9$ J aan lichtenergie (gegeven). Dus voor $5{,}71 \cdot 10^{11}$ J aan lichtenergie is $\frac{5{,}71 \cdot 10^{11}}{3{,}6 \cdot 10^9} = 1{,}6 \cdot 10^2$ m^2 nodig (2 significante cijfers). [1p]
Het gaat hier dus om een stuk begroeide grond van 160 m^2; dat is bijvoorbeeld een vierkant stuk van (bijna) 13 meter bij 13 meter, een flinke tuin.

Zuurstof

2p **14** *De oplosvergelijking van kaliumhydroxide is: $KOH(s) \rightarrow K^+(aq) + OH^-(aq)$*
De concentratie van OH^- ionen is gelijk aan de opgeloste hoeveelheid mol kaliumhydroxide per liter (de molariteit).
pOH = – log[OH^-] = – log 12 = –1,08 [1p]
pH + pOH = 14,00 (bij T = 298 K) $\Rightarrow$ pH = 14,00 – pOH = 14,00 – (–1,08) = 14,00 + 1,08 = 15,08 (2 decimalen). [1p]
Het aantal decimalen van pOH en pH is gelijk aan het aantal significante cijfers van [OH^-].

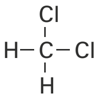
2p **15** $4\ Mn(OH)_2(s) + O_2(aq) + 2\ H_2O(l) \rightarrow 4\ Mn(OH)_3(s)$
Toestandsaanduidingen zijn niet verplicht.
alleen $Mn(OH)_2$, O_2 en H_2O voor de pijl [1p], alleen $Mn(OH)_3$ na de pijl en kloppend gemaakt [1p]

2p **16** $Mn(OH)_3(s) + 3\ H^+(aq) + e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 3\ H_2O(l)$
Toestandsaanduidingen zijn niet verplicht.
alleen $Mn(OH)_3$, H^+ en e^- voor de pijl en alleen Mn^{2+} en H_2O na de pijl [1p], kloppend gemaakt en lading kloppend [1p]

3p **17** 14,70 mL 0,0105 M natriumthiosulfaatoplossing bevat 14,70 mL · 0,0105 mmol mL^{-1} = 0,1544 mmol natriumthiosulfaat. [1p] Dat reageert (zie gegeven molverhouding) met $\frac{0{,}1544}{4}$ = 0,03859 mmol = 3,859 · 10^{-5} mol zuurstof. [1p]
1 mol zuurstof (O_2) heeft een massa van 2 · 16,00 = 32,00 g (Binas 99).
3,859 · 10^{-5} mol zuurstof heeft dus een massa van 3,859 · 10^{-5} · 32,00 = 1,235 · 10^{-3} g.
Dit bevindt zich in 150 mL = 0,150 L zeewater. Het zuurstofgehalte in het zeewater is dus $\frac{1{,}235 \cdot 10^{-3}\ \text{g}}{0{,}150\ \text{L}}$ = 8,23 · 10^{-3} g L^{-1} (3 significante cijfers). [1p]

Productie van dichloormethaan

1p **18**



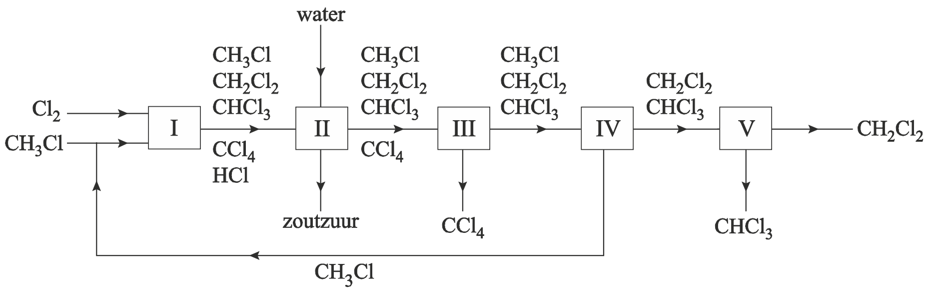
2p **19** Bij elk van de reacties wordt een H atoom vervangen door een Cl atoom. [1p]
Het zijn dus substitutiereacties. [1p]
'Substitutie' betekent 'vervanging'.

2p **20** De formule voor de atoomeconomie is:
$\frac{\text{massa van gewenst product}}{\text{massa van alle beginstoffen}}$ · 100% (Binas 37H).
De massa van 1 mol CH_3Cl is 50,48 g, die van 1 mol CH_2Cl_2 84,93 g (zie de tabel) en die van 1 mol Cl_2 is 2 · 35,45 = 70,90 g (Binas 99). [1p]
De atoomeconomie is $\frac{84{,}93}{(50{,}84 + 70{,}90)}$ · 100% = 70%. [1p]

2p **21** In ruimte II wordt HCl opgelost in het water; zo ontstaat het zoutzuur. De overige gassen lossen niet op. [1p] De scheidingsmethode is dus wassen (extraheren). [1p]
Het principe van wassen en extraheren is een verschil in oplosbaarheid van stoffen.

2p **22** ondergrens: net boven 334 K
bovengrens: net onder 350 K
Alle gassen behalve CCl_4 moeten verdampen. De temperatuur moet dus boven het één na hoogste kookpunt zijn en onder dat van CCl_4.

2p **23**



terugleiden CH_3Cl van IV naar I [1p], stofstromen in en uit V [1p]

© ThiemeMeulenhoff

3p **24** 3,7 · 10^4 ton = 3,7 · 10^{10} g
De massa van 1 mol CH_3Cl en van 1 mol CH_2Cl_2 is respectievelijk 50,48 g en 84,93 g (tabel 1). De molverhouding CH_3Cl : CH_2Cl_2 is 1 : 1. [1p]
methode 1 (met massaverhouding):

reactie in mol:	1 mol CH_3Cl	→	1 mol CH_2Cl_2
mol → g:	50,48 g		84,93 g
gegeven/gevraagd:	3,7 · 10^{10} g		*x* g

50,48 · x = 84,93 · 3,7 · 10^{10} ⇒ $x = \frac{3{,}7 \cdot 10^{10} \cdot 84{,}93}{50{,}48}$ = 6,22 · 10^{10} ⇒

er kan maximaal 6,22 ·10^{10} g = 6,22 · 10^4 ton CH_2Cl_2 ontstaan. [1p]

De formule voor rendement is $\frac{\text{praktische opbrengst}}{\text{theoretische opbrengst}}$ · 100% (Binas 37H).

Het rendement is dus $\frac{5{,}0 \cdot 10^4}{6{,}22 \cdot 10^4}$ · 100% = 80% (2 significante cijfers). [1p]
methode 2 (met molberekening):
3,7 · 10^{10} g CH_3Cl komt overeen met $\frac{3{,}7 \cdot 10^{10}\ \text{g}}{50{,}48\ \text{g mol}^{-1}}$ = 7,33 · 10^8 mol CH_3Cl.

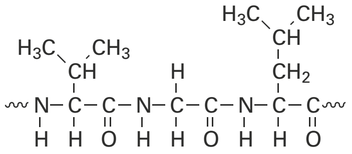
Hieruit kan maximaal 7,33 · 10^8 mol CH_2Cl_2 ontstaan. Dat heeft een massa van 7,33 · 10^8 · 84,93 = 6,22 · 10^{10} g = 6,22 · 10^4 ton. [1p] (zie verder vervolg van methode 1)

1p **25** *Mogelijke antwoorden:*
- Dichloormethaan is schadelijk voor de gezondheid op lange termijn.
- Dichloormethaan is gevaarlijk voor de luchtwegen.
- Dichloormethaan is mutageen.
- Dichloormethaan is kankerverwekkend.

Rubisco

1p **26** *Mogelijke antwoorden:*
- als bouwstoffen
- als enzymen

3p **27**



peptidebindingen [1p], zijgroepen [1p], uiteindes en rest van de structuurformule [1p]

1p **28** Als het eiwit is uitgevouwen dan zijn er meer bindingsplaatsen / zijgroepen van het eiwit beschikbaar voor de moleculen van de opgeloste stoffen om aan te binden.

2p **29** *Het principe van de scheidingsmethode filtreren is verschil in deeltjesgrootte.*
Rubiscomoleculen zijn blijkbaar groter dan de andere deeltjes die de oplossing bevat. [1p] De rubiscomoleculen kunnen niet door de poriën van het membraan / filter, de andere opgeloste deeltjes wel. [1p]

1p **30** *Mogelijke antwoorden:*
- Bietenblad is afval en op deze manier wordt afval gebruikt.
- Bietenblad is geen voedsel voor mensen, spinazie wel.

© ThiemeMeulenhoff

Rijsmiddelen

2p **31** Koolstofdioxide is een gas; [1p] dat neemt meer volume in dan de vaste stoffen waaruit het ontstaat. Het deeg houdt een deel van het gas vast, waardoor het volume van het deeg / baksel groter wordt. [1p]

2p **32** Na de pijl staan $C_4H_5O_6^-$ ionen. Deze zijn ontstaan doordat het molecuul $C_4H_6O_6$, dat voor de pijl staat, een H^+ ion heeft afgegeven aan het HCO_3^- ion. Daardoor is er CO_2 en H_2O (H_2CO_3) gevormd.
verandering zuurdeeltje en verandering basedeeltje [1p], dus H^+ overdracht [1p]

1p **33** $NaC_4H_5O_6$
Bij de reactie zijn natriumionen als tribune-ionen aanwezig. Deze ionen hebben lading 1+ en vormen dus in de molverhouding 1 : 1 met de $C_4H_5O_6^-$ ionen dit zout.

3p **34** Wijnsteenzuurbakpoeder bevat 55 massaprocent wijnsteenzuur (gegeven).

10 g wijnsteenzuurbakpoeder bevat dus $\frac{55}{100} \cdot 10 = 5{,}5$ g wijnsteenzuur ($C_4H_6O_6$).

1 mol $C_4H_6O_6$ heeft een massa van $4 \cdot 12{,}01 + 6 \cdot 1{,}008 + 6 \cdot 16{,}00 = 150{,}09$ g

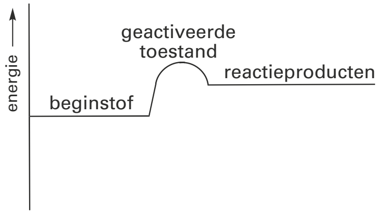
(Binas 99). [1p] 5,5 g $C_4H_6O_6$ komt dus overeen met $\frac{5{,}5 \text{ g}}{150{,}09 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}0366$ mol $C_4H_6O_6$. [1p]

Hieruit ontstaat 0,037 mol CO_2 (zie reactie 1 in de opgave).
1 mol CO_2 heeft een volume van 35 L (gegeven). 0,0366 mol CO_2 heeft dus een volume van 0,0366 mol · 35 L mol^{-1} = 1,3 L (2 significante cijfers). [1p]

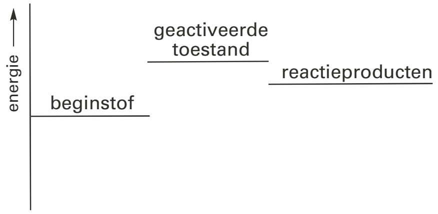
2p **35** Amylosemoleculen bevatten OH groepen. [1p] Deze kunnen waterstofbruggen vormen met watermoleculen. [1p]

1p **36** Als water aan amylose wordt gebonden dan kunnen wijnsteenzuur en natriumwaterstofcarbonaat niet oplossen en reageren.

2p **37**



of



Bij een thermolyse is energie nodig. De reactieproducten bevatten dus meer energie dan de beginstof.
niveau reactieproducten hoger dan niveau beginstof [1p], niveau geactiveerde toestand als hoogste [1p]

1p **38** Een eierkoek is platter / heeft een groter oppervlak dan een muffin. Hierdoor kan tijdens het bakken het gas ammoniak, dat bij het rijzen ontstaat, makkelijker ontsnappen. Het baksel krijgt daardoor geen nare geur.

© ThiemeMeulenhoff

Examen 2018-I

Melkzuursensor

Onderzoekers aan de Universiteit van Californië hebben een melkzuursensor ontwikkeld. Dit is een soort pleister die is voorzien van een kleine elektrochemische cel. Met de melkzuursensor kan de conditie tijdens een sportprestatie worden bepaald.
Sporten kost energie. Het lichaam haalt die energie uit de afbraak van glucose.
Wanneer voldoende zuurstof wordt aangevoerd, wordt glucose volledig verbrand.

3p **1** Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van glucose.

Bij onvoldoende zuurstoftoevoer wordt glucose afgebroken tot melkzuur ($C_3H_6O_3$).
Wanneer melkzuur zich ophoopt in de spieren, treedt verzuring op. Hoe beter de conditie van een sporter is, des te later treedt verzuring op. Het gevormde melkzuur komt voor een deel ook in zweet terecht.

Zweet heeft meestal een pH tussen 4 en 6.

2p **2** Bereken de $[H^+]$ in mol L^{-1} van zweet met een pH van 5,1.

Met de melkzuursensor wordt de concentratie van melkzuur in het zweet bepaald.
De elektrochemische cel van de melkzuursensor is hieronder vergroot en schematisch weergegeven:

Elektrode A is gemaakt van grafiet (koolstof) en is bedekt met het enzym lactaatoxidase (verder afgekort als LOx). Zweet fungeert als elektrolyt.
Onder invloed van LOx wordt melkzuur omgezet tot pyrodruivenzuur ($C_3H_4O_3$).
Melkzuur treedt in deze reactie op als reductor.
De vergelijking van de halfreactie waarin melkzuur wordt omgezet tot pyrodruivenzuur is hieronder onvolledig weergegeven. De elektronen en de coëfficiënten ontbreken.

$C_3H_6O_3 \rightarrow C_3H_4O_3 + H^+$

2p **3** Neem deze onvolledige vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

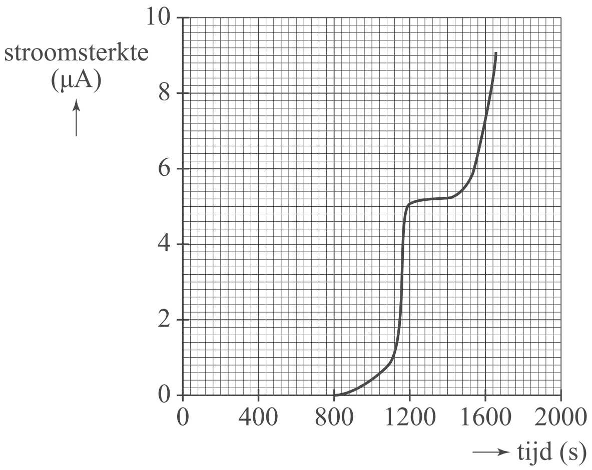
Zweet is een oplossing waarin verschillende stoffen zijn opgelost.
Doordat in zweet een bepaald soort deeltjes voorkomt, kan zweet als elektrolyt dienen.

2p **4** Geef de naam van dit soort deeltjes en geef aan waardoor ze voor stroomgeleiding kunnen zorgen.

Zweet bevat onder andere ureum, dat ook als reductor kan reageren.
In de melkzuursensor wordt ureum echter niet omgezet door het enzym LOx doordat enzymen een bepaalde eigenschap bezitten.

1p **5** Geef aan waardoor ureum niet wordt omgezet door het enzym LOx.

Wanneer de melkzuurconcentratie in zweet groter wordt dan een bepaalde waarde, treedt verzuring van spieren op.
Deze waarde wordt de melkzuurdrempel genoemd.
Tijdens een sporttraining wordt bij Matthieu de stroomsterkte gemeten die de melkzuursensor levert. Zie onderstaand diagram.
Na ongeveer 800 seconden begint de sensor een signaal te geven.
Tussen ongeveer 1250 en 1400 seconden blijft de melkzuurconcentratie constant. Dit geeft de melkzuurdrempel van Matthieu aan. Daarna stijgt de stroomsterkte verder en treedt verzuring op.



3p **6** Bereken de melkzuurdrempel van Matthieu in mol L^{-1}.
Gebruik hierbij de volgende gegevens:
- De stroomsterkte is recht evenredig met de melkzuurconcentratie in zweet.
- 0,92 μA komt overeen met een melkzuurconcentratie in zweet van 1,0 mmol L^{-1}.

Arseen in drinkwater

In Bangladesh bleek rond 1980 dat het drinkwater in veel waterbronnen hoge concentraties arseenverbindingen bevatte. Zulke hoge concentraties zijn schadelijk voor de gezondheid.
De aanwezige arseenverbindingen zijn afkomstig uit gesteentes. Eén van de arseenverbindingen is natriumarseniet, Na_3AsO_3.

Natriumarseniet is opgebouwd uit natriumionen en arsenietionen.

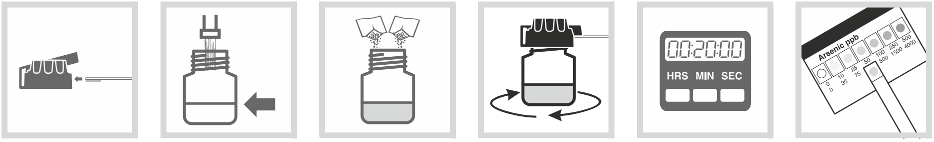
2p **7** Geef de formule van het arsenietion.

Op den duur kunnen arseenverbindigen beschadigingen aan het DNA veroorzaken doordat in het DNA arseenatomen worden ingebouwd in plaats van fosforatomen. Hierdoor veranderen de structuur en de functie van het DNA.

2p **8** Leg uit, aan de hand van het periodiek systeem, dat arseenatomen de plaats van fosforatomen kunnen innemen in DNA.

Sinds bekend is dat drinkwater in Bangladesh arseenverbindingen bevat, test men het drinkwater. Een veelgebruikte test is de Gutzeit-test.
Een Gutzeit-test bevat de volgende materialen:
- teststrips met de vaste stof $HgBr_2$
- een plastic flesje
- een kunststof zakje met zinkpoeder (stof 1)
- een kunststof zakje met zoutzuur (stof 2)
- een kleurenkaart

De bijsluiter van de test is hieronder weergegeven.



Doe een teststrip in het deksel van het flesje.	Vul het flesje met 50 mL drinkwater (tot het streepje).	Voeg toe: stof 1 en stof 2. Sluit het flesje.	Zwenk voorzichtig 60 sec. Zorg dat de vloeistof de teststrip niet raakt!	Wacht 20 minuten en zwenk nog twee keer tijdens deze periode.	Verwijder de teststrip en vergelijk de kleur met de kleurenkaart.

Bij het uitvoeren van de test reageren zink en zoutzuur volgens onderstaande reactievergelijking.

$$Zn + 2\,H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$$

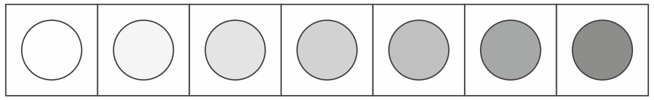
2p **9** Leg uit, aan de hand van formules in de reactievergelijking, of deze reactie een zuur-basereactie is of een redoxreactie.

In de test is de hoeveelheid zoutzuur in overmaat aanwezig.
Het waterstofgas dat in reactie 1 ontstaat, reageert met de arseenverbindingen.
Bij die reactie worden de arseenverbindingen omgezet tot het gas arsaan (AsH_3).
Arsaan komt vrij uit de oplossing en reageert met $HgBr_2$ op de teststrip. Bij deze reactie ontstaat AsH_2HgBr. Afhankelijk van de hoeveelheid arseenverbindingen in het drinkwater ontstaat op de teststrip een kleur die varieert van lichtgeel tot donkerbruin. Hoe meer AsH_2HgBr ontstaat, des te bruiner kleurt de teststrip.

2p **10** Geef de systematische naam van $HgBr_2$. Gebruik hierbij een Romeins cijfer.

Met behulp van de kleurenkaart kan de concentratie van de arseenverbindingen in het drinkwater worden vastgesteld. De kleurenkaart staat hieronder afgebeeld in grijstinten.

lichtgeel donkerbruin



0 10 25 50 100 250 500

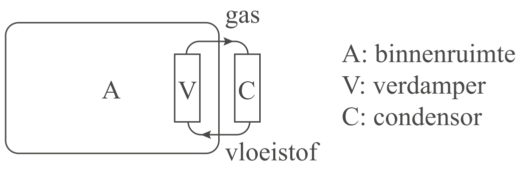
De concentratie van de arseenverbindingen is weergegeven in µg As per liter. De veiligheidsnorm voor arseenverbindingen in drinkwater in Bangladesh is 50 µg As per liter.
De Gutzeit-test is niet voor honderd procent betrouwbaar. Eén van de storende factoren is de aanwezigheid van sulfide-ionen (S^{2-}) in het drinkwater. Deze ionen reageren met het overgebleven zoutzuur tot H_2S. H_2S reageert ook met $HgBr_2$.
Bij deze reactie ontstaat het grijsgekleurde HgS.
De concentratie van de sulfide-ionen in het drinkwater is zo klein dat deze niet schadelijk is voor de gezondheid.

Maar de aanwezigheid van de sulfide-ionen in het drinkwater kan wel leiden tot een ongewenste conclusie na het uitvoeren van de Gutzeit-test.

2p **11** Geef een ongewenste conclusie waartoe de Gutzeit-test kan leiden wanneer het drinkwater behalve arseenverbindingen ook sulfide-ionen bevat. Motiveer je antwoord.

Koudemiddel

In de airco van een auto circuleert een zogenoemd koudemiddel.
In onderstaande figuur is schematisch weergegeven hoe de binnenruimte van een auto wordt gekoeld door middel van een airco.



Het koudemiddel wordt rondgepompt in een gesloten circuit tussen de condensor en de verdamper. Het koudemiddel komt als gas de condensor binnen en verlaat de condensor als vloeistof. In de verdamper gebeurt het omgekeerde.

2p **12** Leg uit, aan de hand van het koelen van de binnenruimte van de auto, of in de verdamper een endotherm of exotherm proces plaatsvindt.

Gehalogeneerde koolwaterstoffen worden veel gebruikt als koudemiddel.
Twee koudemiddelen die veel in airco's worden gebruikt, hebben beide de molecuulformule $C_2H_2F_4$. Het zijn dus isomeren en ze behoren tot de zogenoemde fluorkoolwaterstoffen.

2p **13** Geef de structuurformules van de twee isomeren met de molecuulformule $C_2H_2F_4$.

De koudemiddelen met de molecuulformule $C_2H_2F_4$ mogen vanaf 2016 niet meer in de airco van nieuwe auto's worden gebruikt omdat het sterke broeikasgassen zijn.
Ze komen in de atmosfeer terecht wanneer ze weglekken uit airco's.
De mate waarin een broeikasgas bijdraagt aan het broeikaseffect wordt de Global Warming Potential (GWP) genoemd.
Zo heeft $C_2H_2F_4$ een GWP van 1300. Dat houdt in dat 1,00 kg $C_2H_2F_4$ 1300 maal zoveel bijdraagt aan het broeikaseffect als 1,00 kg CO_2, gemeten over een periode van 100 jaar.

3p **14** Bereken hoeveel mol koolstofdioxide dezelfde bijdrage aan het broeikaseffect levert als 1,00 mol $C_2H_2F_4$.

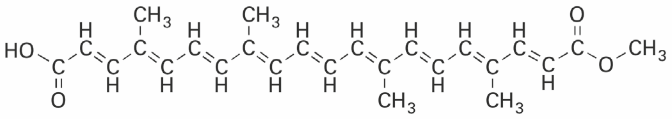
Veel autofabrikanten kiezen het koudemiddel R1234 ($C_3H_2F_4$) als vervanger van $C_2H_2F_4$. R1234 is echter niet onomstreden. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat bij de verbranding van R1234, bijvoorbeeld bij een autobrand, de giftige gassen waterstoffluoride (HF) en carbonylfluoride (COF_2) ontstaan.

3p **15** Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de verbranding van R1234 ($C_3H_2F_4$). Maak gebruik van de volgende gegevens:
- Er ontstaan uitsluitend carbonylfluoride, waterstoffluoride en koolstofdioxide.
- Per mol $C_3H_2F_4$ ontstaat één mol carbonylfluoride.

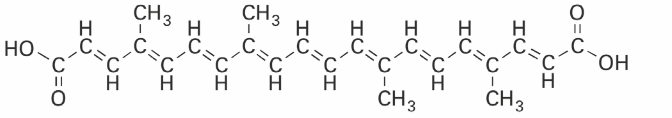
3p **16** Bereken hoeveel gram carbonylfluoride ontstaat bij de van 740 g $C_3H_2F_4$. Gebruik het gegeven dat hierbij één mol carbonylfluoride ontstaat per mol $C_3H_2F_4$.

Anatto

Anatto is een oranje-gele kleurstof. Het is een mengsel dat de kleurstoffen bixine en/of norbixine bevat. Zie onderstaande figuur.



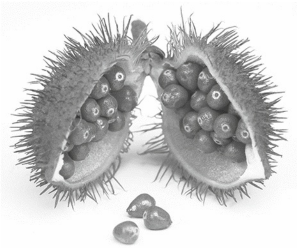
bixine



norbixine

Anatto wordt gebruikt in sommige voedingsmiddelen, bijvoorbeeld in kaas. De kaassoort Red Leicester heeft een oranje kleur doordat hij relatief veel anatto bevat. Teun eet zes blokjes Red Leicester.

3p **17** Laat met behulp van een berekening zien dat Teun de ADI-waarde van bixine niet overschrijdt. Gebruik de volgende gegevens:
- Eén blokje weegt 15 gram.
- Red Leicester bevat 24 massa-ppm bixine.
- De ADI-waarde van bixine is 0,065 mg per kg lichaamsgewicht.
- Teun weegt 67 kg.



Een groot deel van de anatto wordt geproduceerd in Peru uit de zaaddozen van de orleaanboom. Door de zaaddozen te drogen in de zon barsten ze open. Het vruchtvlees rond de zaden bevat bixine. De opengebarsten zaaddozen mogen niet te lang worden blootgesteld aan zonlicht. Anders treedt een reactie op waardoor de hoeveelheid bixine afneemt.

2p **18** Leg uit, aan de hand van de structuurformule van bixine, waardoor de hoeveelheid bixine afneemt door blootstelling aan zonlicht.

De productie van anatto in Peru wordt als volgt uitgevoerd:
- 200 kg anattozaden wordt in een vat (vat I) met 400 L 0,014 molair natronloog gedaan.
- De inhoud wordt tien minuten krachtig geroerd.
- De vloeistof wordt in een tweede vat (vat II) overgebracht, de zaden blijven achter in vat I.
- In vat I wordt vervolgens 300 L 0,0063 molair natronloog gedaan.
- Nogmaals wordt gedurende tien minuten krachtig geroerd.
- De vloeistof uit vat I wordt toegevoegd aan de vloeistof in vat II.
- De zaden worden twee keer gewassen met telkens 200 L water.
- Ook deze vloeistoffen worden in vat II gedaan.
- Aan de inhoud van vat II wordt 3,0 L 1,9 molair zwavelzuuroplossing toegevoegd.
- Er ontstaat een suspensie van anatto.
- Na enkele uren bezinken wordt de vloeistof afgetapt en de anatto van de bodem geschept.

De zwavelzuuroplossing wordt in overmaat toegevoegd aan de verzamelde hoeveelheden natronloog.
Hierbij treedt de volgende reactie op:

$H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$

3p **19** Laat met behulp van een berekening zien dat zwavelzuur in overmaat wordt toegevoegd. Gebruik het gegeven dat twee mol H^+ reageert per mol zwavelzuur.

Tijdens de productie van anatto uit de zaden kan bixine gehydrolyseerd worden. Behalve norbixine ontstaat hierbij nog een andere stof.

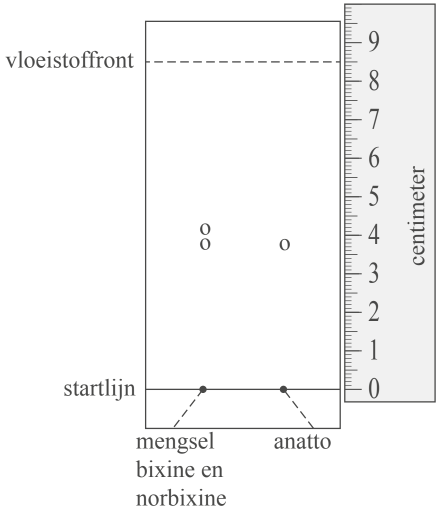
2p **20** Geef de structuurformule van deze stof.

Teun heeft voor zijn profielwerkstuk een bepaalde soort anatto onderzocht met dunne-laagchromatografie. In de figuur hiernaast is het chromatogram weergegeven.

Bij dunne-laagchromatografie wordt het begrip Rf-waarde gebruikt. De Rf-waarde wordt als volgt berekend:

$$\frac{\text{afstand van startlijn tot midden van de vlek}}{\text{afstand van startlijn tot vloeistoffront}} = \text{Rf}$$

Op het chromatogram (zie figuur) heeft bixine een Rf-waarde van 0,49 en norbixine een Rf-waarde van 0,45.

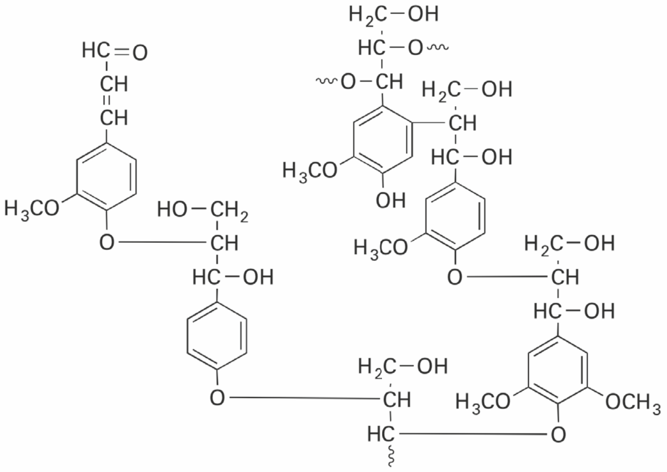


2p **21** Op welke twee verschillen in stofeigenschappen berust dunne-laagchromatografie?

2p **22** Leg uit, aan de hand van het chromatogram, of de onderzochte anatto alleen bixine of alleen norbixine is.

Lignine

Hout bestaat voornamelijk uit cellulose en lignine. Cellulose en lignine zorgen voor de stevigheid van hout en behoren tot de meest voorkomende organische materialen op aarde. Cellulose is een zogenoemd bio-polymeer en behoort tot de polysachariden. Lignine is ook een bio-polymeer. Het bevat veel crosslinks. In onderstaande figuur is een gedeelte van de structuur van lignine weergegeven.



2p **23** Leg uit of de structuur van lignine in (zie boven) een weergave op microniveau of op macroniveau is.

Uit cellulose kan bio-ethanol worden geproduceerd. De omzetting van cellulose tot bio-ethanol start met de hydrolyse van cellulose tot glucose.

3p **24** Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van cellulose tot glucose. Gebruik de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$ voor cellulose.

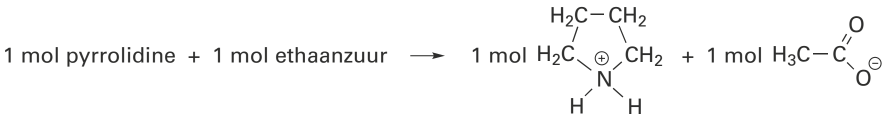
De vorming van ethanol uit glucose is hieronder weergegeven:

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_6O + 2\ CO_2$ reactie 1

2p **25** Bereken de atoomeconomie voor de vorming van ethanol volgens reactie 1. Maak gebruik van Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

Om cellulose uit houtpulp (fijngemalen hout) te kunnen gebruiken voor de productie van bio-ethanol moet eerst de lignine worden verwijderd. Om lignine te verwijderen uit houtpulp, die afkomstig is van bijvoorbeeld snoeihout en houtafval, zijn grote hoeveelheden chemicaliën nodig.
In recent onderzoek is een methode ontwikkeld om lignine en cellulose van elkaar te scheiden door gebruik te maken van een zogenoemde ionische vloeistof. Lignine lost op in de ionische vloeistof en cellulose niet.
De gebruikte ionische vloeistof wordt gemaakt door een reactie van de base pyrrolidine met het zuur ethaanzuur (azijnzuur).

De vergelijking van deze zuur-basereactie is hieronder weergegeven:



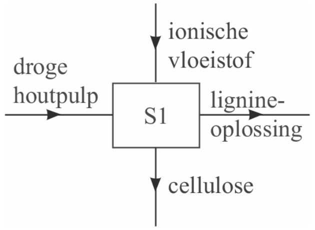
Uit deze reactie ontstaat een zout dat vloeibaar is bij kamertemperatuur.
De molecuulformule van de base pyrrolidine is af te leiden uit de bovenstaande reactievergelijking.

2p **26** Geef de molecuulformule van de base pyrrolidine.

Om lignine uit houtpulp te verwijderen moet de houtpulp eerst worden gedroogd. Vervolgens wordt aan de droge houtpulp de ionische vloeistof toegevoegd. Het mengsel wordt flink geroerd en daarna wordt cellulose gescheiden van de lignine-oplossing.

Hieronder is een gedeelte van het blokschema weergegeven van het proces waarbij cellulose en lignine worden verkregen uit hout met behulp van de ionische vloeistof.

(onvolledig) blokschema



In dit blokschema is ervan uitgegaan dat houtpulp alleen bestaat uit cellulose en lignine. Andere bestanddelen zijn buiten beschouwing gelaten.

2p **27** Noem de twee scheidingsmethoden die worden gebruikt bij de scheiding in scheidingsruimte S1.

De lignine-oplossing wordt naar een scheidingsruimte (S2) overgebracht.
Door indampen wordt de vaste stof lignine verkregen en de ionische vloeistof wordt gerecirculeerd.

2p **28** Maak het blokschema hierboven compleet door het tekenen van:
- scheidingsruimte S2;
- stofstromen met de bijbehorende namen.

De lignine kan worden verbrand en de verbrandingswarmte kan worden gebruikt in het hierboven beschreven proces om cellulose en lignine te verkrijgen uit hout.

2p **29** Noem twee bewerkingen in het proces waarvoor deze warmte kan worden gebruikt.

De verbranding van lignine kan met de volgende reactievergelijking worden weergegeven:

$2\ C_5H_6O_2(s)\ +\ 11\ O_2(g)\ \rightarrow\ 10\ CO_2(g)\ +\ 6\ H_2O(l)$ reactie 2

In deze reactievergelijking is lignine weergegeven als $C_5H_6O_2$.

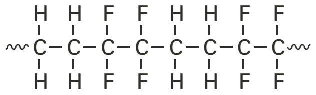
3p **30** Bereken de reactiewarmte van reactie 2, in J per mol $C_5H_6O_2$, bij $T = 298$ K en $p = p_0$.
Maak hierbij gebruik van:
- De vormingswarmte van $C_5H_6O_2$ (s): $-7{,}0 \cdot 10^5$ J mol^{-1} ($T = 298$ K, $p = p_0$).
- Binas-tabel 57A of ScienceData-tabel 9.2.

ETFE

De kunststof ETFE wordt onder meer gebruikt als lichtgewicht materiaal om daken en wanden van gebouwen mee te construeren. De Watercube (het zwemstadion tijdens de Olympische Spelen 2008 in China) is een bekend voorbeeld.

Het dak en de wanden van de Watercube zijn gemaakt van ETFE-kussens. Deze zijn gemaakt van ETFE-folie met een dikte van $100 \cdot 10^{-6}$ m en zijn gemonteerd op een stalen frame.
ETFE is een copolymeer dat door poly-additie uit twee soorten monomeren wordt gevormd. De twee monomeren reageren daarbij in de molverhouding 1 : 1.

Hieronder is de structuurformule van een gedeelte uit het midden van een ETFE-molecuul weergegeven.



In dit gedeelte van ETFE wisselen de twee soorten monomeereenheden elkaar regelmatig af.

2p **31** Geef de structuurformules van de twee soorten monomeren waaruit ETFE is gevormd.

ETFE heeft de volgende eigenschappen:
- Het laat 95% van het licht door. Dit is meer dan glas doorlaat, terwijl het slechts 1% van het gewicht van glas bezit.
- Een regenbui spoelt vuil en stof gemakkelijk van ETFE af.
- Het heeft een hoge smelttemperatuur.

2p **32** Leg uit op microniveau, aan de hand van de structuurformule van ETFE, dat water niet goed hecht aan ETFE.

2p **33** Noem twee gegevens in deze opgave waaruit blijkt dat ETFE een thermoplast is.

Er zijn verschillende soorten ETFE die met de formule $(C_4H_4F_4)_n$ kunnen worden weergegeven. Deze soorten verschillen van elkaar op microniveau en verschillen ook in stofeigenschappen.

2p **34** Geef een verschil op microniveau en een verschil in stofeigenschappen.
Noteer je antwoord als volgt:
verschil op microniveau: … .
verschil in stofeigenschappen: … .

Hints bij examen 2018-I

1 In de vergelijking van een verbranding moet voor de pijl zuurstof staan.
2 Let op de significantie.
3 Melkzuur is reductor, dus staat elektronen af.
4 Welke deeltjes moeten voor stroomgeleiding aanwezig zijn in een oplossing?
6 Let op dat je antwoord de gevraagde eenheid heeft.
7 Hoeveel natriumionen bevat de formule van het zout? Wat is de totale pluslading?
8 Vergelijk de plaats van fosfor in het periodiek systeem met die van arseen.
9 Vergelijk de formule van een deeltje voor de pijl met de formule van een deeltje van dezelfde atoomsoort na de pijl. Wat is er gebeurd voor deze verandering?
10 Welke lading hebben beide broomionen samen?
11 Welke probleem treedt er op bij het aflezen van de kleurenkaart als er een grijze stof bij komt?
12 Moet er warmte van de binnenruimte naar de verdamper of juist andersom?
13 In de systematische namen van de twee isomeren (niet gevraagd) zouden de plaatsnummers anders zijn.
14 Bereken het aantal gram in 1,00 mol $C_2H_2F_4$. Dit komt overeen met 1300 keer zo veel gram CO_2.
15 Maak eerst C, dan H en F en pas als laatste O kloppend.
16 Bereken van beide betrokken stoffen de molaire massa met Binas 99.
17 24 massa-ppm betekent 24 g bixine in 10^6 g kaas.
18 Wat bevat de structuurformule van bixine veel?
19 Er wordt twee keer natronloog toegevoegd. Bereken het totaal aantal mol OH^-.
20 Bixine is een ester. Helemaal rechts in de structuurformule zie je de esterbinding.
21 Bij chromatografie maak je gebruik van hetzelfde verschil in stofeigenschappen als bij extractie en bij nog een andere scheidingsmethode.
22 Een kleinere Rf-waarde betekent dat de stof lager op het papier eindigt.
23 Eigenschappen op microniveau worden niet vastgesteld door waarnemingen / metingen.
24 Welke stof moet er bij hydrolyse voor de pijl staan?
25 In de teller van de atoomeconomie moet de massa van 2 mol C_2H_6O staan.
26 De base pyrrolidine neemt een H^+ op en wordt de ringvormige structuur na de pijl.
27 Lignine lost op in de ionische vloeistof en cellulose niet; er ontstaat een suspensie.
28 Er wordt (netto) geen ionische vloeistof van buitenaf toegevoegd.
29 Lees de tekst over het proces nog eens door. Waar gebruik je warmte?
30 De vormingswarmte van niet-ontleedbare stoffen, zoals zuurstof, is per definitie 0.
31 Elk van de twee monomeren bevat twee C atomen en is onverzadigd.
32 Zorg dat alles dat je benoemt op microniveau is, ook water.
33 Eén gegeven is op microniveau, via de structuurformule, de ander is op macroniveau.
34 De monomeren van alle verschillende soorten ETFE zijn hetzelfde.

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij examen 2018-I

Melkzuursensor

3p **1** $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$
formules voor de pijl [1p], formules na de pijl [1p], kloppend gemaakt [1p]

2p **2** $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-5,1} = 8 \cdot 10^{-6}$ mol L^{-1} (1 significant cijfer).
Het aantal significante cijfers van $[H^+]$ is gelijk aan het aantal decimalen van de pH-waarde.

2p **3** $C_3H_6O_3 \rightarrow C_3H_4O_3 + 2\ H^+ + 2\ e^-$
Melkzuur is reductor, dus staat elektronen af.
e^- na de pijl [1p], lading en vergelijking kloppend gemaakt [1p]

2p **4** Ionen. [1p] Deze elektrisch geladen deeltjes bewegen in het zweet. [1p]

1p **5** *Mogelijke antwoorden:*
- Het enzym LOx kan alleen melkzuur omzetten.
- Enzymen hebben een specifieke werking.

3p **6** De melkzuurdrempel is bij een stroomsterkte van 5,20 μA (afgelezen). [1p]
0,92 μA komt overeen met een melkzuurconcentratie van 1,0 mmol L^{-1}. 5,20 μA komt dus overeen met $\frac{5,20}{0,92} \cdot 1,0$ mmol L^{-1} = 5,65 mmol L^{-1} [1p]
= $5,7 \cdot 10^{-3}$ mol L^{-1} (2 significante cijfers). [1p]

Arseen in drinkwater

2p **7** AsO_3^{3-}
Het zout Na_3AsO_3 bevat drie natriumionen. Die zijn elk 1+; het ene arsenietion is dus 3–.

2p **8** Arseen en fosfor staan in dezelfde groep van het periodiek systeem der elementen (Binas 99). [1p] Ze hebben dus vergelijkbare eigenschappen / dezelfde covalentie. [1p]

2p **9** *Mogelijke antwoorden:*
- Zn gaat van ongeladen naar 2+ door twee elektronen af te staan. [1p] Het is dus een redoxreactie. [1p]
- De H^+ ionen gaan van 1+ naar ongeladen in H_2 door elk een elektron op te nemen. [1p] Het is dus een redoxreactie. [1p]
- De ladingen van Zn en H^+ veranderen doordat elektronen worden overgedragen. [1p] Het is dus een redoxreactie. [1p]

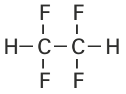
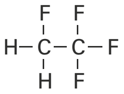
2p **10** kwik(II)bromide
Bromide-ionen zijn 1–. De totale minlading in $HgBr_2$ is 2–. Dus het ene kwikion is 2+.

2p **11** Door de grijze kleur van HgS is niet meer goed op de kleurenkaart af te lezen hoe geel of hoe bruin de kleur is. De kleur zal, als het drinkwater ook sulfide-ionen bevat, dan donkerder zijn dan hij alleen op basis van de hoeveelheid arseen zou moeten zijn. [1p] Daardoor kan de test een hoger arseengehalte aangeven. Het drinkwater zou dan mogelijk onterecht kunnen worden afgekeurd. [1p]

© ThiemeMeulenhoff

Koudemiddel

2p **12** Om de binnenruimte te koelen, moet er warmte uit. Deze warmte gaat naar de verdamper. [1p] Daarin moet een proces plaatsvinden dat energie nodig heeft, een endotherm proces dus. [1p]

2p **13**  en 

3p **14** 1,00 mol $C_2H_2F_4$ heeft een massa van $2 \cdot 12{,}01 + 2 \cdot 1{,}008 + 4 \cdot 19{,}00 = 102{,}04$ g (Binas 99). [1p]
Hetzelfde effect op het broeikaseffect als $1300 \cdot 102{,}04 = 1{,}327 \cdot 10^5$ g CO_2. [1p]
1 mol CO_2 heeft een massa van 44,010 g (Binas 98). $1{,}327 \cdot 10^5$ g CO_2 komt dus overeen met $\frac{1{,}327 \cdot 10^5 \text{ g}}{44{,}010 \text{ g mol}^{-1}} = 3{,}01 \cdot 10^3$ mol koolstofdioxide (3 significante cijfers). [1p]

3p **15** $2\ C_3H_2F_4 + 5\ O_2 \rightarrow 4\ HF + 2\ COF_2 + 4\ CO_2$
juiste formules en verhouding $C_3H_2F_4 : COF_2$ is 1 : 1 [1p], C, H en F kloppend [1p], O kloppend [1p]

3p **16** De massa van 1 mol $C_3H_2F_4$ is $3 \cdot 12{,}01 + 2 \cdot 1{,}008 + 4 \cdot 19{,}00 = 114{,}05$ g en de massa van 1 mol COF_2 is $12{,}01 + 16{,}00 + 2 \cdot 19{,}00 = 66{,}01$ (Binas 99). Bij de verbranding van 1 mol $C_3H_2F_4$ komt 1 mol COF_2 vrij (gegeven). [1p]
methode 1 (met massaverhouding):

reactie in mol:	1 mol $C_3H_2F_4$	$\rightarrow$	1 mol COF_2
mol $\rightarrow$ gram:	114,05 g		66,01 g
gegeven/gevraagd:	740 g		*x* g

$114{,}05 \cdot x = 66{,}01 \cdot 740 \Rightarrow x = \frac{66{,}01 \cdot 740}{114{,}05} = 428 \Rightarrow$ er ontstaat 428 g COF_2. [2p]

methode 2 (met molberekening):
740 g $C_3H_2F_4$ komt overeen met $\frac{740 \text{ g}}{114{,}05 \text{ g mol}^{-1}} = 6{,}488$ mol $C_3H_2F_4$. [1p]

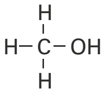
Hieruit ontstaat 6,488 mol COF_2 met een massa van $6{,}488 \text{ mol} \cdot 66{,}01 \text{ g mol}^{-1} = 428$ g (3 significante cijfers). [1p]

Anatto

3p **17** Zes blokjes kaas hebben een massa van $6 \cdot 15 = 90$ g.
$1 \cdot 10^6$ gram kaas bevat 24 g bixine (gegeven). 90 gram kaas bevat dus $\frac{90}{10^6} \cdot 24 = 2{,}2 \cdot 10^{-3}$ g = 2,2 mg bixine. [1p] De ADI-waarde van bixine is 0,065 mg per kg (gegeven). Teun weegt 67 kg. Hij mag dus maximaal $67 \cdot 0{,}065 = 4{,}4$ mg bixine binnen krijgen. [1p] Dat is meer dan hij binnen krijgt bij het eten van de kaasblokjes. Dus de ADI-waarde wordt niet overschreden. [1p]

2p **18** Bixine bevat veel dubbele bindingen tussen C atomen / veel C = C groepen. [1p]
Die reageren tot crosslinks (dwarsverbindingen) onder invloed van de uv-straling in zonlicht. [1p]

3p **19** 400 L van 0,014 mol L^{-1} natronloog (stap 1) bevat $400 \text{ L} \cdot 0{,}014 \text{ mol L}^{-1} = 5{,}6$ mol NaOH. Daarbij komt 300 L van 0,0063 mol L^{-1} natronloog (stap 4). Dit bevat $300 \text{ L} \cdot 0{,}0063 \text{ mol L}^{-1} = 1{,}9$ mol NaOH. Er is dus (mede door het wassen) in totaal $5{,}6 + 1{,}9 = 7{,}5$ mol NaOH in vat II terechtgekomen. [1p] De 7,5 mol OH^- hierin reageert met 7,5 mol H^+ (reactievergelijking). 1 mol zwavelzuur levert 2 mol H^+ (gegeven).
Dus 7,5 mol H^+ komt overeen met $\frac{7{,}5}{2} = 3{,}8$ mol zwavelzuur. Dit is nodig om alle natronloog te laten reageren. [1p] Er wordt 3,0 L van 1,9 mol L^{-1} zwavelzuur toegevoegd (stap 9). Dit bevat $3{,}0 \text{ L} \cdot 1{,}9 \text{ mol L}^{-1} = 5{,}7$ mol zwavelzuur. Dit is meer dan nodig is en dus is er een overmaat. [1p]

2p **20** 
Er ontstaat bij de hydrolyse van een ester altijd een zuur (hier norbixine) en een alcohol.

2p **21** verschil in oplosbaarheid en verschil in aanhechtingsvermogen (adsorptie)

2p **22** Norbixine heeft de kleinste Rf-waarde en vormt dus de onderste vlek op het chromatogram van het mengsel van bixine en norbixine. Het vlekje in het chromatogram van anatto bevindt zich op dezelfde hoogte als de onderste vlek in het chromatogram van het mengsel. [1p]
De onderzochte anatto bevat dus alleen norbixine. [1p]
Je kunt ook de Rf-waarde van de vlek in het chromatogram van anatto bepalen. Deze is 3,8 / 8,5 = 0,45 en dat komt overeen met de Rf-waarde van norbixine.

Lignine

2p **23** De weergave is op microniveau want het bevat een (deel van een) structuurformule / atomen / atoombindingen.

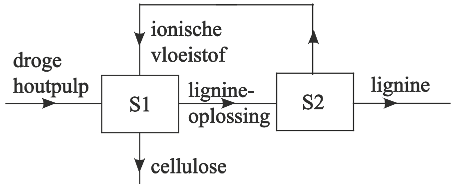
3p **24** $(C_6H_{10}O_5)_n + n\ H_2O \rightarrow n\ C_6H_{12}O_6$
$(C_6H_{10}O_5)_n$ voor de pijl en $C_6H_{12}O_6$ na de pijl [1p], H_2O voor de pijl [1p], kloppend gemaakt [1p]

2p **25** De formule voor de atoomeconomie is:
$$\frac{\text{massa van gewenst product}}{\text{massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\% \text{ (Binas 37H).}$$
De massa van 2 mol C_2H_6O (gewenst product) is $2 \cdot 46{,}069 = 92{,}138$ g. [1p]
De massa van 1 mol $C_6H_{12}O_6$ (beginstof) is 180,16 g (Binas 98).
De atoomeconomie is $\frac{92{,}138 \text{ g}}{180{,}16 \text{ g}} \cdot 100\% = 51{,}142\%$. [1p]
De significantie van het antwoord werd hier niet beoordeeld.

2p **26** C_4H_9N *of* C_4H_8NH
De ringvormige structuur na de pijl heeft $C_4H_{10}N^+$ als formule. Deze is ontstaan doordat de base pyrrolidine 1 H^+ heeft opgenomen van ethaanzuur (CH_3COOH), dat daarbij wordt omgezet in acetaat (CH_3COO^-). De formule van pyrrolidine is dus die van de ringvormige structuur min 1 H^+.

2p **27** extraheren en filtreren
Als tweede methode mag je ook bezinken of centrifugeren (beide eventueel gecombineerd met afschenken) antwoorden.

2p **28**



Blok S2 met juiste in- en uitstroom [1p], recirculatie van ionische vloeistof [1p]

2p **29** De vrijkomende warmte kan worden gebruikt voor het drogen van de houtpulp [1p] en het indampen van de lignine-oplossing in S2. [1p]

3p **30** De reactiewarmte van de reactie is $\Delta E = \sum E_{\text{vorming reactieproducten}} - \sum E_{\text{vorming beginstoffen}} = E_{\text{vorming koolstofdioxide}} + E_{\text{vorming water(l)}} - E_{\text{vorming lignine}} - E_{\text{vorming zuurstof}} =$

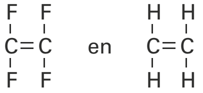
$10 \cdot -3{,}935 \cdot 10^5 + 6 \cdot -2{,}86 \cdot 10^5 + 2 \cdot 7{,}0 \cdot 10^5 + 11 \cdot 0 = -42{,}5 \cdot 10^5$ J.

Dat is voor 2 mol $C_5H_6O_2$, dus de reactiewarmte is $\frac{42{,}5 \cdot 10^5}{2} = -21{,}3 \cdot 10^5$ J per mol $C_5H_6O_2$.

De vormingswarmte van niet-ontleedbare stoffen, zoals zuurstof, is per definitie 0.
De significantie van het antwoord werd hier niet beoordeeld.
$10 \cdot -3{,}935 \cdot 10^5$ [1p], $3 \cdot -2{,}86 \cdot 10^5$ [1p], $2 \cdot 7{,}0 \cdot 10^5$, optelling en delen door 2 [1p]

ETFE

2p **31**



2p **32** ETFE ketens bevatten geen OH of NH groepen. [1p]
Ze kunnen dus geen waterstofbruggen vormen met watermoleculen. [1p]

2p **33** *Twee antwoorden nodig:*
- Er zijn geen dwarsverbindingen tussen ketens mogelijk. *en*
- ETFE bezit ketenmoleculen (lineaire moleculen).

Als ETFE een thermoharder zou zijn, zou het bij (voldoend hoge) verhitting gaan verkolen (ontleden) en niet eerst smelten. Een thermoplast zal bij verhitting eerst smelten en dan pas bij hogere temperatuur verkolen.

2p **34** *Mogelijke verschillen (noem er één op micro- en één op macroniveau):*
verschil op microniveau:
- de polymerisatiegraad / de ketenlengte / het aantal monomeereenheden per molecuul / de index *n*
- de volgorde van de twee soorten monomeereenheden

verschil in stofeigenschappen (macroniveau):
- de smelttemperatuur
- de dichtheid
- de sterkte
- de doorlaatbaarheid van licht

© ThiemeMeulenhoff

Examen 2018-II

Bodem bedekken

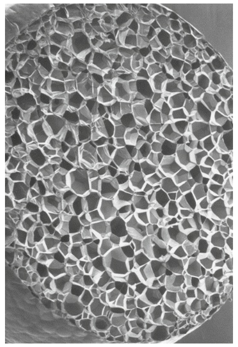
In de glastuinbouw wordt de bodem soms bedekt met piepschuimbolletjes (zie figuur 1). Deze bolletjes isoleren de grond en reflecteren het zonlicht, waardoor planten meer licht opvangen en omzetten tot chemische energie (de planten groeien).

1p **1** Geef de naam van dit proces waarbij lichtenergie in planten wordt omgezet tot chemische energie.

figuur 1

bedekken van de bodem met piepschuimbolletjes

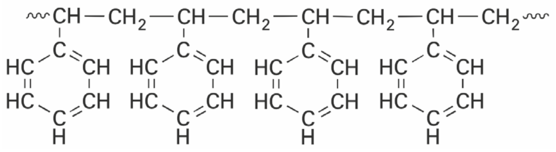
figuur 2



polystyreenbolletje (doorsnede)

De piepschuimbolletjes bestaan uit polystyreen waarin luchtbelletjes zijn ingesloten (zie figuur 2). De structuurformule van polystyreen is in figuur 3 weergegeven. Polystyreen wordt gevormd door polymerisatie van het monomeer styreen. De zijgroepen van polystyreen zijn niet reactief.

figuur 3

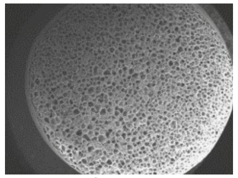


Als de bodem na de oogst wordt ontsmet met stoom, schrompelen de bolletjes ineen doordat het polystyreen zacht wordt en de lucht ontsnapt uit de bolletjes. Polystyreen is niet biodegradeerbaar en blijft achter in de bodem.

2p **2** Geef de structuurformule van het monomeer styreen.

Een ander soort schuimbolletjes (BioFoam®) bestaat uit polymelkzuur. Het polymelkzuur voor de schuimbolletjes wordt gevormd uit melkzuur dat is verkregen door fermentatie van suikers uit planten zoals suikerriet. Bij de productie van dit polymeer komt netto veel minder CO_2 vrij dan bij de productie van dezelfde massa polystyreen. Ook deze bolletjes schrompelen ineen bij het ontsmetten van de grond met stoom.

figuur 4



BioFoam®-bolletje (doorsnede)

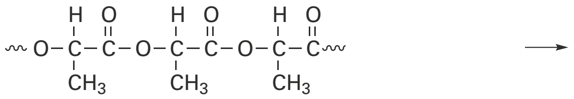
2p **3** Bereken hoeveel liter lucht aanwezig is in 1,00 m^3 BioFoam®.
Neem aan dat:
- de dichtheid van het polymelkzuur $1{,}24 \cdot 10^3$ kg m^{-3} is;
- 1,00 m^3 schuimbolletjes een massa heeft van 25,0 kg;
- de massa van de schuimbolletjes uitsluitend wordt bepaald door de massa van het polymelkzuur.

Polymelkzuur is, in tegenstelling tot polystyreen, wel biodegradeerbaar. De afbraak van polymelkzuur-moleculen verloopt in stappen. Eerst worden de estergroepen gehydrolyseerd. Vervolgens zetten bacteriën de afbraakproducten met behulp van zuurstof om tot koolstofdioxide en water.

In de bijlage hieronder is de vergelijking van de hydrolyse van polymelkzuur onvolledig weergegeven.

3p **4** Geef in de bijlage de volledige vergelijking van de reactie waarbij één esterbinding van het weergegeven deel van een molecuul polymelkzuur wordt gehydrolyseerd. Geef de koolstofverbindingen in structuurformules.

bijlage bij vraag 4



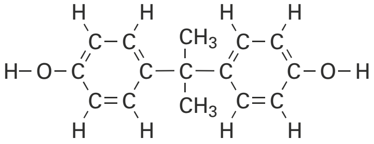
BioFoam® is een duurzaam alternatief voor de piepschuimbolletjes van polystyreen. Het is wereldwijd de eerste schuimisolatie die het cradle-to-cradle-certificaat heeft verkregen. Het cradle-to-cradle-principe gaat ervan uit dat 'alle stoffen steeds weer in gesloten kringlopen van productie, gebruik en recycling kunnen worden opgenomen'.

2p **5** Geef een argument waaruit blijkt dat deze schuimbolletjes passen bij het cradle-to-cradle-principe. Licht je antwoord toe met behulp van de informatie in deze opgave.

Bisfenol A

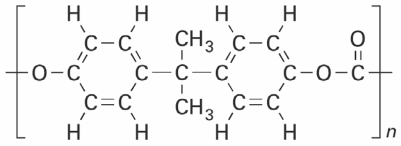
Bisfenol A (BFA, $C_{15}H_{16}O_2$) is een veel geproduceerde stof, die onder meer wordt gebruikt voor de fabricage van polycarbonaat. Polycarbonaat is een harde transparante kunststof, die wordt toegepast in bijvoorbeeld dvd's en drinkwaterflesjes. De macroscopische eigenschappen van polycarbonaat hangen samen met de microstructuur ervan.
In de figuren 1 en 2 zijn de structuurformules van BFA en polycarbonaat weergegeven.

figuur 1



BAC

figuur 2



polycarbonaat

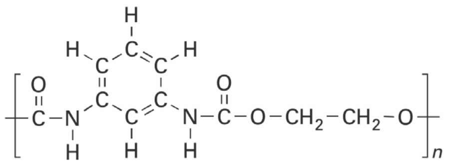
2p **6** Licht toe met behulp van een kenmerk op microniveau en een eigenschap op macroniveau, dat producten die bestaan uit polycarbonaat kunnen worden gevormd door middel van spuitgieten. Noteer je antwoord als volgt:
- kenmerk op microniveau: …
- eigenschap op macroniveau: …

De productie en het gebruik van BFA zijn omstreden, omdat BFA de hormoonhuishouding kan verstoren. Bij de productie van BFA ontstaat vervuild industrieel afvalwater. Inmiddels worden al lage concentraties BFA aangetroffen in het milieu. Onderzoekers hebben per toeval ontdekt dat BFA adsorbeert aan een spons die bestaat uit polyurethaan.

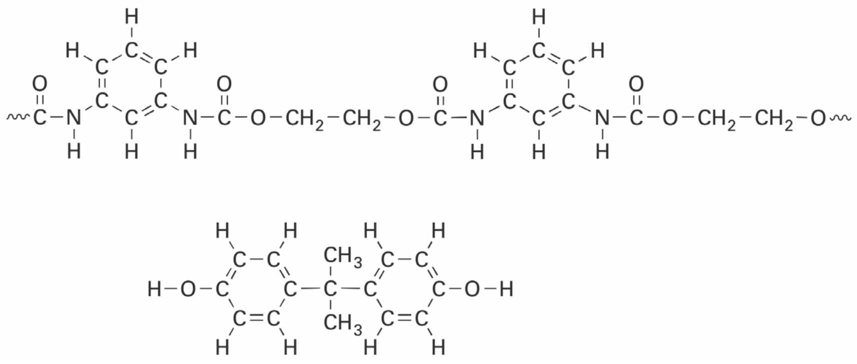
2p **7** Beschrijf welk onderzoek kan worden uitgevoerd om aan te tonen dat BFA uit een oplossing aan de spons adsorbeert. Geef ook aan waaruit dat blijkt.
Noteer je antwoord als volgt:
- Handeling(en): …
- Uit het experiment blijkt dat: …

De structuurformule van een polyurethaan is in figuur 3 weergegeven.

figuur 3



BFA is in water matig oplosbaar en verplaatst zich vanuit het water naar het polyurethaan. Een van de oorzaken hiervan kan worden afgeleid uit de moleculaire structuur van BFA en polyurethaan. BFA bindt door middel van waterstofbruggen aan polyurethaan, maar ook op een andere manier.
Hieronder zijn een molecuul BFA en een fragment van een molecuul polyurethaan in structuurformules weergegeven.



2p **8** Geef hierboven weer hoe een molecuul BFA door middel van twee waterstofbruggen is gebonden aan het molecuul polyurethaan. Geef de waterstofbruggen weer met stippellijntjes (…..).

2p **9** Licht toe aan de hand van figuur 1 en figuur 3 dat BFA zich ook op een andere manier (dan door middel van waterstofbruggen) zal binden aan polyurethaan.

BFA kan van de spons worden verwijderd met behulp van natronloog. De reactie die daarbij optreedt, kan als volgt worden weergegeven:

$$HO-C_6H_4-C(CH_3)_2-C_6H_4-OH \; + \; OH^- \longrightarrow HO-C_6H_4-C(CH_3)_2-C_6H_4-O^- \; + \; H_2O$$

De geladen deeltjes die hierbij ontstaan worden BFA-ionen genoemd. De spons kan na afloop opnieuw worden gebruikt.

2p **10** Geef aan of de reactie hierboven een zuur-basereactie is. Motiveer je antwoord aan de hand van formules in de bovenstaande reactievergelijking.

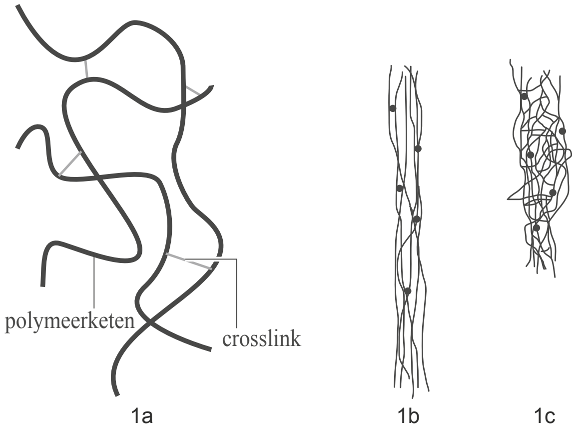
Wanneer BFA met behulp van een polyurethaan-spons uit industrieel afvalwater wordt gehaald en dit BFA vervolgens met natronloog van de spons wordt verwijderd, ontstaat een nieuwe oplossing. Het gehalte BFA-ionen in de nieuwe oplossing kan dan hoger worden dan het gehalte BFA-moleculen in het oorspronkelijke afvalwater. Het op deze manier verhogen van het gehalte BFA kan bijdragen aan een groenere chemie.

2p **11** Geef twee redenen waarom bij het verwijderen van BFA-moleculen van de spons het gebruik van 0,1 M natronloog de voorkeur verdient boven het gebruik van 0,01 M natronloog. Ga er hierbij van uit dat in beide gevallen een even grote overmaat OH^- ionen zal worden gebruikt.

Kauwgombasis

De kauwgombasis is het onoplosbare deel van kauwgom dat uiteindelijk wordt weggegooid. Deze basis bevat elastomeren, harsen, weekmakers en emulgatoren. Elastomeren bestaan uit lange polymeerketens die met elkaar zijn verbonden door enkele crosslinks. Een stukje van zo’n elastomeer is schematisch weergegeven in figuur 1a. Elastomeren hebben een groot elastisch vermogen, waardoor het materiaal kan uitrekken (1b) en weer in zijn oorspronkelijke vorm (1c) kan terugkeren. In figuur 1b en 1c zijn de crosslinks weergegeven met een •.

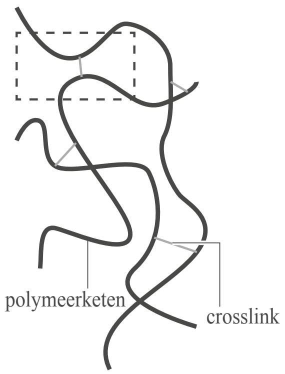
figuur 1



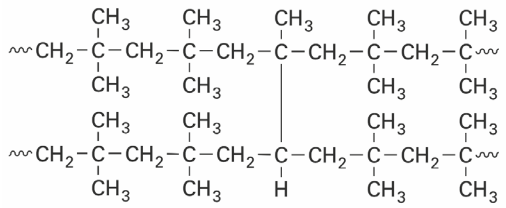
1p **12** Beschrijf welke functie de crosslinks hebben bij het uitrekken van elastomeren.

Veel kauwgomsoorten bevatten het elastomeer butylrubber. Butylrubber is een copolymeer, dat voor 98% bestaat uit monomeereenheden isobuteen (een vertakt isomeer van buteen) en voor 2% uit monomeereenheden isopreen. De isopreen-eenheden vormen de crosslinks. In figuur 2 is een gedeelte van het elastomeer nogmaals weergegeven. Het omcirkelde gedeelte daarin is 'uitvergroot' tot de structuurformule in figuur 3. De twee polymeerketens in dit gedeelte bestaan beide uit vier eenheden isobuteen en zijn verbonden door middel van één isopreen-eenheid. Deze isopreen-eenheid maakt deel uit van beide polymeerketens.

figuur 2



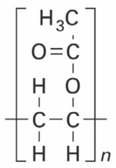
figuur 3



2p **13** Geef de structuurformule van isobuteen.

1p **14** Omcirkel in figuur 3 de isopreen-eenheid.

Een synthetische hars die in kauwgom vaak wordt toegepast is PVAc (polyvinylacetaat). PVAc is een additiepolymeer dat is gevormd uit één soort monomeer. De algemene structuurformule van PVAc is hiernaast weergegeven.



2p **15** Bereken uit hoeveel monomeereenheden een PVAc-molecuul in kauwgom gemiddeld is opgebouwd. Neem aan dat de massa van een PVAc-molecuul in kauwgom gemiddeld $1{,}7 \cdot 10^3$ u is.

Weekmakers worden aan kauwgom toegevoegd om deze beter vervormbaar te maken tijdens het kauwen. Een veel gebruikte weekmaker in kauwgom is paraffine. Paraffine is een mengsel van alkanen met koolstofketens die in lengte variëren van 22 tot 27 koolstofatomen.
Paraffinemoleculen nestelen zich tussen polymeerketens en verzwakken zo een bepaald soort binding tussen de polymeerketens.

3p **16** Leg uit waarom door toevoeging van paraffine de kauwgom beter vervormbaar wordt. Gebruik in je antwoord begrippen op microniveau en de naam van het type binding dat verzwakt wordt.

Kauwgom die op straat wordt uitgespuugd, kan daar wel 20 tot 50 jaar blijven liggen.

2p **17** Beredeneer waarom de kauwgombasis niet snel zal worden afgebroken. Baseer je antwoord op de figuren 2 en 3.

Sake 酒

Sake is een traditionele alcoholische drank uit Japan. Deze drank wordt gemaakt uit rijst. Rijst bestaat voornamelijk uit zetmeel, een polysacharide die uitsluitend is opgebouwd uit glucose-eenheden. Ook bevat rijst enkele eiwitten. Voor de productie van sake worden gestoomde rijst, gist, water en koji-schimmel samengebracht in een tank. Koji-schimmel produceert enzymen die zetmeel omzetten tot glucose en enzymen die eiwitten afbreken tot aminozuren. Gist zet de door de koji-schimmel geproduceerde glucose om tot ethanol en koolstofdioxide.

2p **18** Geef de vergelijking van deze reactie waarbij glucose wordt omgezet.

Hieronder is een gedeelte van een rijsteiwitmolecuul weergegeven.

~ Met – Ala – Pro ~

4p **19** Geef dit gedeelte weer in structuurformule.

De kwaliteit van de geproduceerde sake in de tank wordt nauwlettend gevolgd en bewaakt. Dit gebeurt onder andere door regelmatig het zuurgehalte te bepalen. Zuren geven sake een volle smaak. Het zuurgehalte wordt uitgedrukt in gram barnsteenzuur ($C_4H_6O_4$) per 100 mL sake en wordt volgens een voorgeschreven methode bepaald: Aan 10,0 mL sake uit de tank wordt een aantal druppels van een geschikte indicator toegevoegd, waarna een titratie wordt uitgevoerd met 0,100 M natronloog.
Van een bepaalde sake wordt het zuurgehalte bepaald. Bij deze bepaling is 1,32 mL natronloog nodig om met de zuren in 10,0 mL sake te reageren. Het zuurgehalte van deze sake kan vervolgens worden berekend met behulp van de volgende reactievergelijking:

$$C_4H_6O_4 \; + \; 2\,OH^- \; \rightarrow \; C_4H_4O_4^{2-} \; + \; 2\,H_2O$$

4p **20** Bereken het zuurgehalte van deze sake in gram barnsteenzuur per 100 mL sake. De molaire massa van barnsteenzuur is 118,1 g mol^{-1}.

De pH van deze sake is 4,5.

2p **21** Bereken $[H^+]$ in mol L^{-1} in deze sake.

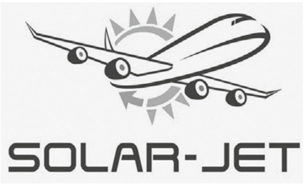
Veel soorten sake bevatten de natuurlijke geurstof ethylcaproaat. Ethylcaproaat is de ester van hexaanzuur en ethanol.

3p **22** Geef de structuurformule van ethylcaproaat.

Solar-Jet

Onderzoekers van het Europese onderzoeksproject Solar-Jet zijn erin geslaagd om met behulp van kunstmatig zonlicht koolstofdioxide en water om te zetten tot syngas. Syngas is een mengsel van de gassen CO en H_2. Vervolgens is het syngas met behulp van een katalysator omgezet tot kerosine. Kerosine is een vliegtuigbrandstof die voornamelijk bestaat uit koolwaterstoffen met 6 tot 16 koolstofatomen.

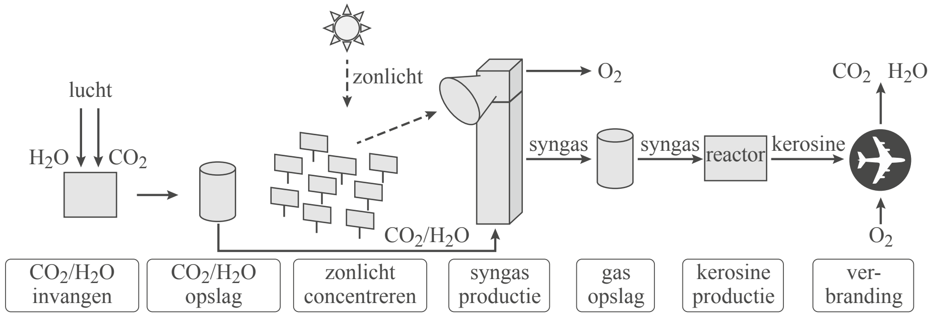
figuur 1



2p **23** Geef de vergelijking van de reactie waarbij CO en H_2 worden omgezet tot de koolwaterstof $C_{12}H_{26}$ en water.

Het doel van het Solar-Jet-project is het ontwikkelen van een proces waarbij op duurzame wijze vliegtuigbrandstof kan worden gemaakt met behulp van zonlicht. Dit is in figuur 2 schematisch weergegeven.

figuur 2



Bij de verbranding van koolwaterstoffen ontstaat koolstofdioxide. De uitstoot van koolstofdioxide heeft een ongewenst effect op het klimaat.

1p **24** Geef de naam van dit ongewenste effect.

2p **25** Leg uit dat het gebruik van Solar-Jet-kerosine niet bijdraagt aan dit ongewenste effect.

Syngas kan worden geproduceerd door een mengsel van koolstofdioxide en water sterk te verhitten en vervolgens snel af te koelen. De reactie die hierbij verloopt is hieronder weergegeven. Dit is echter geen veilige methode, omdat een gevaarlijk gasmengsel ontstaat.

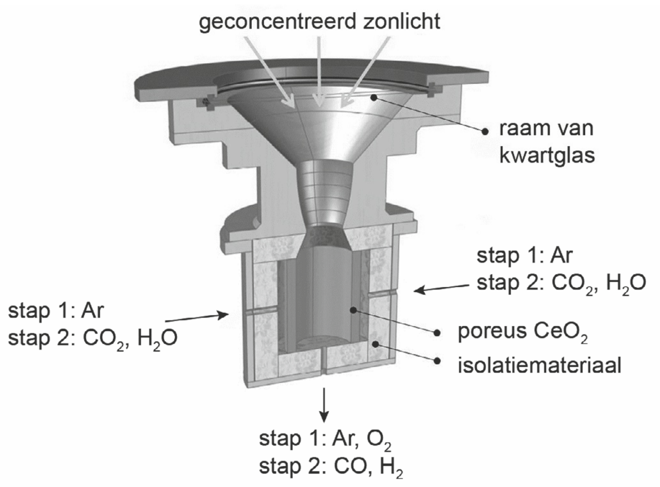
$$CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow CO(g) + H_2(g) + O_2(g)$$

3p **26** Bereken de reactiewarmte in J voor de vorming van een mol CO (bij T = 298 K en $p = p_0$) volgens bovenstaande vergelijking. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2.

2p **27** Leg uit waarom het gevormde gasmengsel gevaarlijker is dan syngas, en vermeld daarbij welk extra gevaar daardoor kan ontstaan.

De onderzoekers van het Solar-Jet-project hebben een veilige methode ontwikkeld waarbij het syngas in twee stappen wordt gemaakt met behulp van een speciale reactor. In figuur 3 is een dwarsdoorsnede van deze reactor weergegeven. De reactor is zo ontworpen dat 94% van de lichtenergie wordt geleid naar een reactieruimte die bekleed is met poreus cerium(IV)oxide (CeO_2).

figuur 3



stap 1: De reactiekamer wordt met kunstmatig zonlicht verhit tot 1600 °C. Hierdoor treedt een redoxreactie op, waarbij een deel van de cerium(IV)ionen wordt omgezet tot cerium(III)ionen en een deel van de oxide-ionen tot zuurstofmoleculen. Deze reactie is endotherm en kan worden weergegeven met de vergelijking:

$$4\ CeO_2 \rightarrow 2\ Ce_2O_3 + O_2 \qquad \text{(reactie 1)}$$

De vrijgekomen zuurstof wordt met argon uit de reactor verdreven.

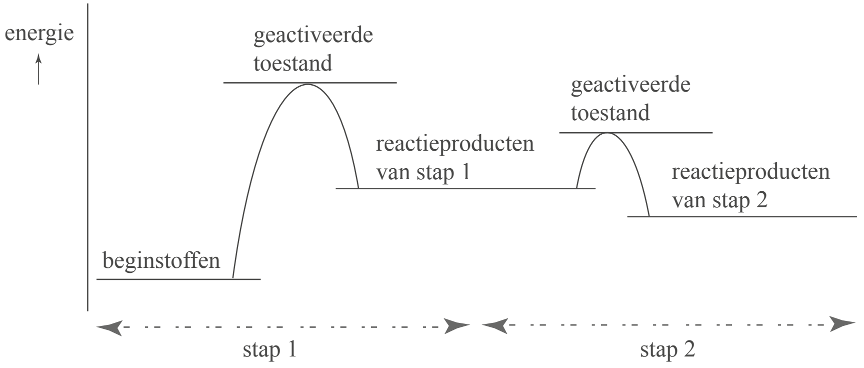
stap 2: De reactor wordt gekoeld tot 900°C en gevuld met een mengsel van koolstofdioxide en water. Dit mengsel reageert exotherm met cerium(III)oxide (Ce_2O_3) tot syngas en cerium(IV)oxide (CeO_2). Het syngas wordt afgetapt, waarna stap 1 weer kan plaatsvinden.

2p **28** Geef aan of de oxide-ionen die bij reactie 1 (stap 1) betrokken zijn, reageren als oxidator of als reductor. Motiveer je antwoord.

3p **29** Geef de vergelijking van de reactie die optreedt tijdens stap 2. Neem aan dat CO en H_2 ontstaan in de molverhouding 1:1.

Door het Solar-Jet-proces wordt lichtenergie opgeslagen als chemische energie in de vorm van syngas. Dit proces is in figuur 4 schematisch in één energiediagram weergegeven.

figuur 4

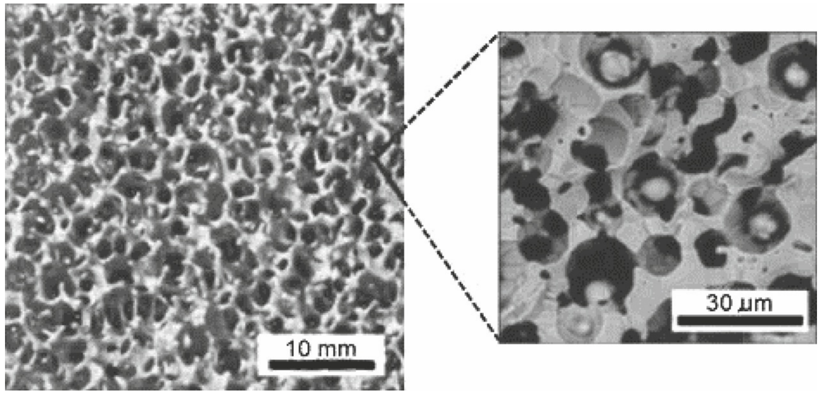


Uit figuur 4 blijkt dat het energieniveau van de stoffen na stap 2 tussen het energieniveau van de stoffen na stap 1, en het energieniveau van de beginstoffen in ligt.

2p **30** Licht de onderlinge ligging van deze energieniveaus toe met behulp van de beschrijving van het Solar-Jet-proces.
Noteer je antwoord als volgt:
Het energieniveau van de reactieproducten van stap 2 ligt:
- lager dan het energieniveau van de reactieproducten van stap 1 omdat: …
- en hoger dan het energieniveau van de beginstoffen omdat: …

De onderzoekers hebben verschillende soorten poreus cerium(IV)oxide getest. Een bepaalde soort cerium(IV)oxide (soort X) is zowel poreus op millimeterschaal (figuur 5a) als op micrometerschaal (de uitsnede in figuur 5b). Een andere soort cerium(IV)oxide (soort Y) is alleen poreus op millimeterschaal.

figuur 5



5a 5b

Wanneer soort X wordt gebruikt, is de reactiesnelheid tijdens stap 2 veel hoger dan wanneer soort Y wordt gebruikt.

2p **31** Leg uit aan de hand van het botsende-deeltjesmodel waarom de reactiesnelheid van stap 2 bij gebruik van soort X hoger is.

2p **32** Geef aan of cerium(IV)oxide in figuur 5b op microniveau is weergegeven. Licht je antwoord toe.

De onderzoekers hebben berekend dat bij hun onderzoek slechts 1,7% van de zonne-energie is vastgelegd in de chemische energie van syngas. Dit lijkt erg weinig, maar de onderzoekers beweren dat de opbrengst van het Solar-Jet-proces verhoogd kan worden door terugdringen van het energieverlies.

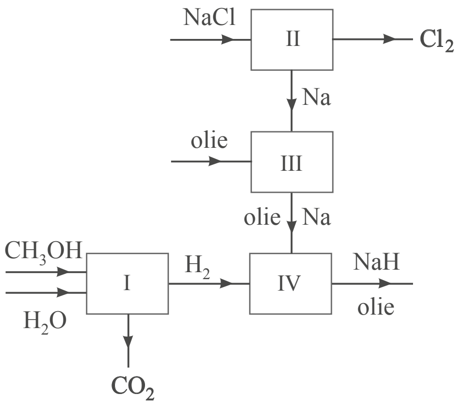
2p **33** Geef twee maatregelen die het energieverlies in het Solar-Jet-proces kunnen beperken.

Natriumhydride

Natriumhydride (NaH) is een wit zout dat bestaat uit natriumionen en hydride-ionen (H^-). Deze stof kan industrieel worden ingezet als sterke base en als reductor. De stof kan spontaan ontbranden aan de lucht, en wordt daarom in olie bewaard.

2p **34** Geef het aantal protonen en elektronen in het hydride-ion.
Noteer je antwoord als volgt:
aantal protonen: …
aantal elektronen: …

De productie van natriumhydride uit methanol (CH_3OH), water en natriumchloride is schematisch weergegeven in onderstaand blokschema.



Samengevat verloopt dit productieproces als volgt:
- In ruimte I wordt waterstof geproduceerd uit methanol en stoom, volgens de volgende vergelijking:

  $CH_3OH + H_2O \rightarrow 3\ H_2 + CO_2$
- In ruimte II vindt een elektrolyse plaats. Hierbij worden natrium en chloorgas gevormd uit vloeibaar natriumchloride.

  $2\ NaCl(l) \rightarrow 2\ Na(l) + Cl_2(g)$
- In ruimte III wordt het gevormde natrium gemengd met olie. Hierbij ontstaat een suspensie van natrium in olie.
- In ruimte IV wordt waterstofgas in de suspensie van natrium in olie geleid. Hierbij ontstaat natriumhydride volgens:

  $2\ Na + H_2 \rightarrow 2\ NaH$

2p **35** Bereken de atoomeconomie voor de vorming van waterstof volgens de reactie in ruimte I. Maak gebruik van Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

2p **36** Leg uit waarom natriumchloride als vloeistof (en niet als vaste stof) aanwezig moet zijn om het proces in ruimte II te kunnen laten plaatsvinden.

De reactie in ruimte II is verantwoordelijk voor meer dan de helft van de energiebehoefte van het gehele productieproces. Uit de beschrijving van het proces in ruimte II zijn twee gegevens te halen waaruit blijkt dat voor deze reactie energie nodig is.

2p **37** Geef deze twee gegevens en vermeld daarbij welke soort energie wordt gebruikt.

In ruimte III wordt een suspensie gemaakt. De vloeistof in deze suspensie is olie. Vanwege een bepaalde stofeigenschap van natrium kon hiervoor geen water worden gebruikt.

1p **38** Geef deze stofeigenschap.

Hints bij examen 2018-II

2 Het monomeer van een additiereactie heeft een extra C=C binding.

3 De Biofoam-schuimbolletjes bestaan uit polymelkzuur en lucht. Bereken eerst hoeveel polymelkzuur 1,00 m^3 Biofoam-schuimbolletjes bevat.

4 Bij de hydrolyse van een esterbinding ontstaan een zuurgroep en een alcoholgroep.

5 Bij cradle-to-cradle moet er sprake zijn van een (korte) kringloop.

6 Kijk voor het kenmerk op microniveau naar de structuurformule.

7 Je moet twee metingen doen: één voor en één na.

8 Waterstofbruggen zitten niet tussen H atomen.

9 Welke andere soort bindingen tussen moleculen ken je?

10 Gebruik in je antwoord minimaal twee deeltjes.

11 Wat is het voordeel van een hogere concentratie (meer stof per liter)?

13 Isobuteen is een vertakte isomeer van buteen (C_4H_8). Vertakt wil zeggen met een zijketen zoals methyl.

15 Bereken eerst de massa van een eenheid van PVAc.

16 De afstand tussen de polymeerketens is van belang.

17 Afbraak van polymeren in de natuur vindt plaats via hydrolyse of langzame reactie met zuurstof.

18 Teken de structuurformule van ethanol om de molecuulformule te bepalen.

19 Proline in een eiwit heeft een afwijkende peptidebinding.

20 Je berekent uit de titratiegegevens de hoeveelheid (barnsteen)zuur per 10,0 mL sake. Wat is de eenheid van het zuurgehalte?

21 Let op de significantie.

22 Bij de vorming van een ester geeft het zuur een OH groep af en de alcohol een H.

23 Maak eerst C en O kloppend en dan pas H.

25 Bekijk in figuur 2 wat er met koolstofdioxide gebeurt in dit proces.

26 De vormingswarmte van niet-ontleedbare stoffen, zoals H_2 en O_2, is per definitie 0.

27 Welke stoffen staan er na de pijl? Wat weet je van die stoffen?

28 Uit zuurstofionen worden zuurstofmoleculen gevormd.

29 Je hoeft alleen de coëfficiënten voor de (cerium)zouten te veranderen.

30 Zijn elk van de processen die verlopen exotherm of endotherm?

31 Voor een reactie moeten koolstofdioxide- en watermoleculen O atomen afgeven door te botsen met het poreuze cerium(III)oxide.

32 Welke afmetingen hebben structuren op microniveau?

33 Kijk naar figuur 3 en lees het proces nog eens door. Komt er ook ergens warmte vrij?

34 Heeft een negatief geladen ion meer protonen dan elektronen of juist andersom?

35 In de teller van de atoomeconomie moet de massa van 3 mol H_2 staan.

36 Er moet bij elektrolyse een stroom lopen.

37 Lees vraag 36 en de uitwerking ervan nog eens.

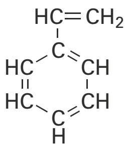
© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij examen 2018-II

Bodem bedekken

1p **1** fotosynthese

2p **2**



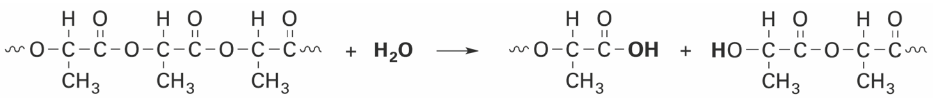
dubbele en enkele bindingen tussen C-atomen [1p], H-atomen [1p]

2p **3** 1,00 m^3 Biofoam heeft een massa van 25 kg (gegeven). Deze wordt volledig bepaald door melkzuur. $1{,}24 \cdot 10^3$ kg melkzuur heeft een volume van 1 m^3 (gegeven).

25 kg melkzuur heeft dus een volume van $\frac{25}{1{,}24 \cdot 10^3} = 0{,}0202$ m^3. [1p]

Biofoam bestaat uit lucht en melkzuur. 1,00 m^3 Biofoam bevat 1,00 – 0,0202 = 0,98 m^3 = $9{,}8 \cdot 10^2$ L lucht (2 significante cijfers). [1p]

3p **4**



Hydrolyse is een reactie met water. Bij de hydrolyse van een estergroep ontstaan een zuurgroep en een alcoholgroep.
linkerstructuur na de pijl [1p], rechterstructuur na de pijl [1p], formules voor de pijl [1p]

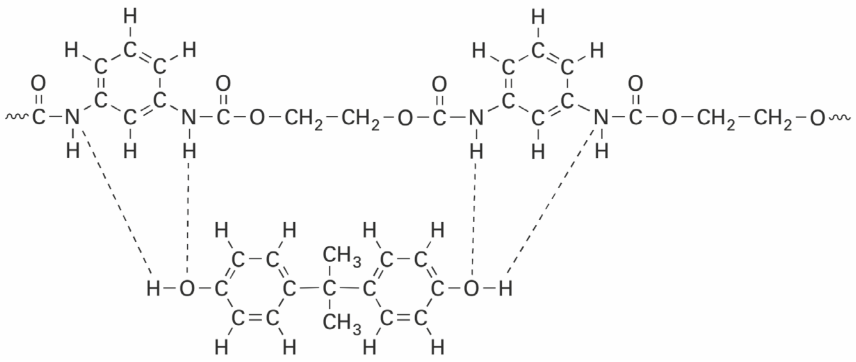
2p **5** De grondstof voor Biofoam wordt verkregen uit planten. Deze hebben vrij recent tijdens hun groei CO_2 opgenomen. [1p] Bij de afbraak van Biofoam door bacteriën komt die CO_2 weer vrij. Het is dus een korte (duurzame) kringloop. [1p]

Bisfenol A

2p **6** kenmerk op microniveau:
polycarbonaatmoleculen zijn lineair / zijn niet verbonden door crosslinks / vormen geen netwerk
kenmerk op macroniveau:
polycarbonaat kan smelten / is vervormbaar bij verwarmen / is een thermoplast

2p **7** *Voorbeeld van een juist antwoord:*
Handelingen: Meet de concentratie BFA in een BFA-oplossing. Leg de spons er in. Haal de spons uit de oplossing en meet opnieuw de concentratie BFA in de oplossing. [1p] Uit het experiment blijkt dat de concentratie BFA lager is geworden. [1p]
Je kunt het onderzoek niet uitvoeren door drogen en wegen omdat dan ook het niet-geabsorbeerde BFA meegewogen wordt.

2p **8** *Voorbeelden van juiste waterstofbruggen:*



Alleen H atomen die aan een O of N zitten, kunnen waterstofbruggen aangaan met O of N atomen (waaraan ook een H atoom vastzit).

2p **9** Zowel BFA-moleculen als polyurethaanmoleculen bezitten grote delen die apolair / hydrofoob zijn. [1p] Hierdoor zullen ze onderling vanderwaalsbindingen vormen. [1p]

2p **10** *Een voorbeeld van een juist antwoord is:*
Het is een zuur-basereactie want één van de OH groepen van het BFA-molecuul (zuur) staat een H^+ af aan de base OH^-. [1p] Daarbij ontstaat H_2O. [1p]

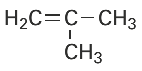
2p **11** *Mogelijke antwoorden (geef er twee):*
- Het volume van de oplossing die overblijft, is kleiner.
- Er blijft een geconcentreerdere oplossing over.
- Door de hogere concentratie van OH^- verloopt reactie 1 sneller.

De eerste twee antwoorden zijn voor het recyclen van BFA van belang: Hoe kleiner het volume of hoe geconcentreerder de oplossing des te minder energie is er nodig om hieruit zuiver BFA te verkrijgen.

Kauwgombasis

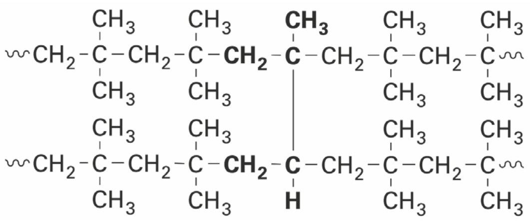
1p **12** *Mogelijke antwoorden:*
- De crosslinks voorkomen dat het polymeer permanent vervormt na uitrekken. Zo kan het weer terugkeren in de oorspronkelijke vorm.
- De crosslinks zorgen er voor dat de ketens bij elkaar blijven.
- De crosslinks beperken de beweging van de ketens.

2p **13**



vier C-atomen met één C=C [1p], rest van structuurformule [1p]

1p **14** *Het vetgetekende deel in de struktuurformule moet omcirkeld zijn.*



2p **15** Eén PVAc-eenheid (zie opgave) heeft als formule $C_4H_6O_2$. De molecuulmassa van zo'n eenheid is 4 · 12,01 + 6 · 1,008 + 2 · 16,00 = 86,09 u. [1p]

Het gemiddeld aantal eenheden in $1{,}7 \cdot 10^3$ u is $\frac{1{,}7 \cdot 10^3}{86{,}09} = 20$ (2 significante cijfers). [1p]

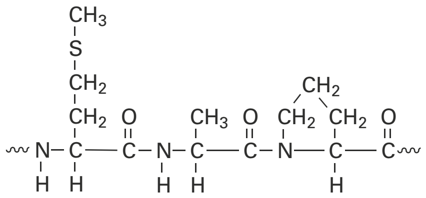
3p **16** De paraffinemoleculen zorgen dat de polymeerketens verder uit elkaar komen te liggen. [1p] De vanderwaalsbindingen tussen de ketens [1p] zijn hierdoor zwakker, waardoor de ketens makkelijker ten opzichte van elkaar kunnen bewegen. [1p]

2p **17** *Noem één van de onderstaande antwoorden:*
De kauwgombasis kan niet snel worden afgebroken, want:
- hij bevat geen (door regen) hydrolyseerbare [1p] groepen / ester- of amide-bindingen. [1p]
- het belangrijkste bestanddeel van kauwgombasis is een additiepolymeer [1p] en die zijn niet hydrolyseerbaar. [1p]
- er komen geen C=C bindingen in voor, [1p] dus afbraak door zuurstof en uv-licht zal niet plaatsvinden. [1p]

Sake 酒

2p **18** $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_6O + 2\ CO_2$
alleen juiste formules [1p], kloppend gemaakt [1p]

4p **19**

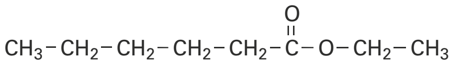


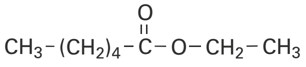
peptidebinding tussen Met en Ala [1p] en tussen Ala en Pro [1p], zijgroepen [1p], uiteinden en rest van formule [1p]

4p **20** 1,32 mL 0,100 M natronloog bevat 1,32 mL · 0,100 mmol mL^{-1} = 0,132 mmol NaOH. [1p]
De 0,132 mmol OH^- hierin reageert met $\frac{0{,}132}{2} = 0{,}0660$ mmol = $6{,}60 \cdot 10^{-5}$ mol $C_4H_6O_4$ (zie molverhouding in opgave). [1p] 1 mol $C_4H_6O_4$ heeft een massa van 118,1 g (gegeven)
⇒ $6{,}60 \cdot 10^{-5}$ mol $C_4H_6O_4$ heeft een massa van $6{,}60 \cdot 10^{-5} \cdot 118{,}1$ g = $7{,}79 \cdot 10^{-3}$ g. [1p]
Er is 10,0 mL sake geanalyseerd. Het zuurgehalte van de sake (per 100 mL) is $10 \cdot 7{,}79 \cdot 10^{-3} = 7{,}79 \cdot 10^{-2}$ g (3 significante cijfers). [1p]

2p **21** $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-4{,}5} = 3 \cdot 10^{-5}$ mol L^{-1} (1 significant cijfer).
Het aantal significante cijfers van $[H^+]$ is gelijk aan het aantal decimalen van de pH-waarde.

3p **22** *Hieronder zie je twee mogelijke antwoorden.*





estergroep [1p], C-H deel hexaanzuur [1p], C-H deel ethanol [1p]

© ThiemeMeulenhoff

Solar-Jet

2p **23** $12\ CO + 25\ H_2 \rightarrow C_{12}H_{26} + 12\ H_2O$
alleen juiste formules en C kloppend [1p], O en H kloppend [1p]

1p **24** versterking van het broeikaseffect

2p **25** De hoeveelheid koolstofdioxide die bij de verbranding van de Solar-Jet-kerosine vrijkomt, is tijdens de productie gebruikt. [1p]
Er komt dus netto geen koolstofdioxide vrij. [1p]

3p **26** De reactiewarmte van de reactie is $\Delta E = \sum E_{\text{vorming reactieproducten}} - \sum E_{\text{vorming beginstoffen}} = E_{\text{vorming CO}} + E_{\text{vorming waterstof}} + E_{\text{vorming zuurstof}} - E_{\text{vorming koolstofdioxide}} - E_{\text{vorming water}} =$
$-1{,}105 \cdot 10^5 + 0 + 0 + 3{,}935 \cdot 10^5 + 2{,}86 \cdot 10^5 = 5{,}69 \cdot 10^5$ J per mol CO
De vormingswarmte van niet-ontleedbare stoffen, zoals waterstof en zuurstof, is per definitie 0.
$+3{,}935 \cdot 10^5$ en $+2{,}86 \cdot 10^5$ [1p], $-1{,}105 \cdot 10^5$ [1p] optelling [1p]

2p **27** *Mogelijke antwoorden:*
- Er is nu zuurstof aanwezig [1p] dus waterstof kan explosief reageren. [1p]
- Koolstofmono-oxide (en waterstof) is brandbaar [1p] en er is nu zuurstof aanwezig. [1p]

2p **28** Oxide-ionen (O^{2-}) in CeO_2 worden omgezet in (ongeladen) zuurstofatomen / zuurstofmoleculen. [1p] Ze geven daarvoor elektronen af en reageren dus als reductor. [1p]

3p **29** $CO_2 + H_2O + 2\ Ce_2O_3 \rightarrow CO + H_2 + 4\ CeO_2$
CO_2 en H_2O voor de pijl en alleen CO, H_2 en CeO_2 na de pijl [1p], Ce_2O_3 voor de pijl en C en H kloppend [1p], Ce en O kloppend [1p]

2p **30** Het energieniveau van de reactieproducten van stap 2 ligt:
– lager dan het energieniveau van de reactieproducten van stap 1, omdat: stap 2 exotherm is [1p]
– en hoger dan het energieniveau van de beginstoffen, omdat: het totale proces endotherm is, want er wordt energie opgeslagen. [1p]

2p **31** Het reactieoppervlak van soort X is veel groter dan dat van soort Y. [1p]
Er kunnen daardoor bij soort X per tijdseenheid meer koolstofdioxide- en watermoleculen botsen. Hierdoor neemt het aantal effectieve botsingen per tijdseenheid toe en dus de reactiesnelheid. [1p]
Syngas reageert met Ce_2O_3 niet met CeO_2. We moeten daarom aannemen dat bij de verandering van CeO_2 naar Ce_2O_3 de verdeling van de vaste stof niet (noemenswaardig) verandert.

2p **32** *Mogelijke antwoorden:*
- Nee, want 30 μm is veel groter dan structuren op microniveau.
- Nee, want er zijn geen ionen zichtbaar.

2p **33** *Mogelijke antwoorden (geef er twee):*
- een dikkere isolatiewand gebruiken
- de energie terugwinnen die vrijkomt bij het koelen
- de energie gebruiken van de hete gassen die de reactor verlaten

© ThiemeMeulenhoff

Natriumhydride

2p **34** aantal protonen: 1
aantal elektronen: 2
Het aantal protonen is het atoomnummer (de plek in het periodiek systeem). Het aantal elektronen is 1 meer dan het aantal protonen vanwege de minlading van het ion.

2p **35** De formule voor de atoomeconomie is:
$$\frac{\text{massa van gewenst product}}{\text{massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\% \text{ (Binas 37H).}$$

De massa van 3 mol H_2 is 3 · 2 · 1,008 = 6,048 g (Binas 99). De massa van 1 mol CH_3OH is 32,042 g en de massa van 1 mol H_2O is 18,015 g (Binas 98). [1p]
De atoomeconomie is $\frac{6{,}048 \text{ g}}{32{,}042 \text{ g} + 18{,}015 \text{ g}} \cdot 100\% = 12{,}08\%$ (4 significante cijfers). [1p]

2p **36** Vaste zouten geleiden geen stroom. [1p] De ionen moet vrij kunnen bewegen voor stroomgeleiding. In een vloeibaar zout kunnen ze dat. [1p]

2p **37** Voor het smelten van natriumchloride is warmte nodig. [1p]
Voor de elektrolyse is elektrische energie nodig. [1p]

1p **38** Natrium is een zeer onedel metaal / reageert met water.

© ThiemeMeulenhoff

Examen 2019-I

Kopergehalte van een munt

Vera heeft een munt die is gemaakt van een koperlegering. Zij onderzoekt het kopergehalte van de munt. De munt brengt ze in een overmaat geconcentreerd salpeterzuur. Alle metalen van de legering reageren met het salpeterzuur en er ontstaat een heldere oplossing. Hieronder is de vergelijking van de reactie van koper met geconcentreerd salpeterzuur weergegeven. Dit is een redoxreactie.

$$Cu(s) + 2\ NO_3^-(aq) + 4\ H^+(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\ NO_2(g) + 2\ H_2O(l)$$

2p **1** Leg uit, aan de hand van de formules van beide soorten koperdeeltjes in de reactievergelijking, of Cu de oxidator of de reductor is.

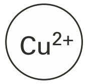
Voor het uitvoeren van dit onderzoek heeft Vera een risicoanalyse uitgevoerd volgens het GHS-systeem. Er blijkt een aantal veiligheidszinnen van toepassing op dit experiment, zoals H314 en H330.

2p **2** Geef voor elke van deze veiligheidszinnen aan op welke stof deze van toepassing is en geef een beschermende maatregel die genomen kan worden tijdens de uitvoering van dit onderzoek.
Gebruik Binas-tabel 97E of ScienceData-tabel 38.3.
Noteer je antwoord als volgt:
- H314 is van toepassing op de stof: ……… maatregel: ……………
- H330 is van toepassing op de stof: ……… maatregel: ……………

Na afloop van de reactie brengt Vera het reactiemengsel over in een maatkolf. Ze vult de oplossing aan met water zodat 1,000 L oplossing ontstaat. Deze lichtblauw gekleurde oplossing wordt verder in deze opgave 'muntoplossing' genoemd. De lichtblauwe kleur wordt veroorzaakt door gehydrateerde koper(II)ionen die met de formule $Cu(H_2O)_4^{2+}$ kunnen worden weergegeven. Uit deze formule blijkt dat elk koper(II)ion is omringd door vier watermoleculen.

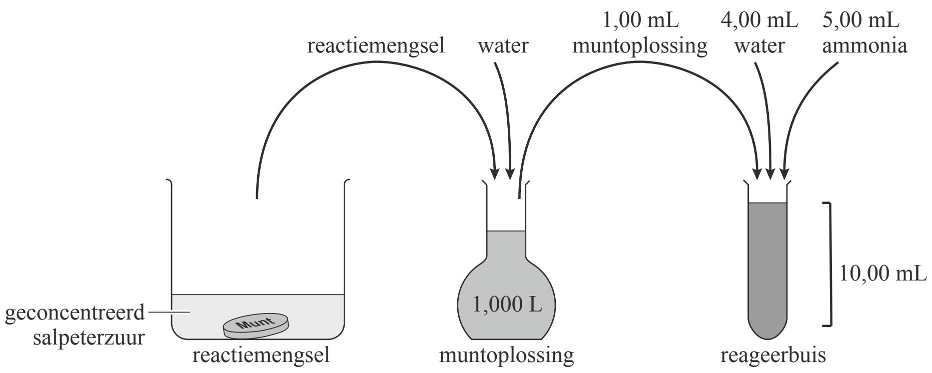
2p **3** Teken in de bijlage een deeltje $Cu(H_2O)_4^{2+}$.
Ga hierbij uit van het reeds getekende koper(II)ion en geef elk watermolecuul weer met H–O–H.

bijlage bij vraag 3



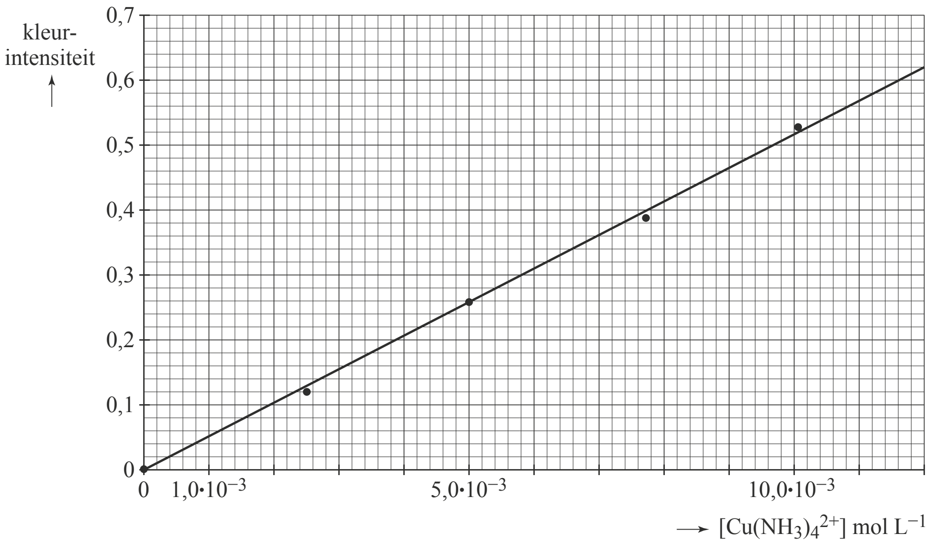
Vervolgens voegt Vera 1,00 mL muntoplossing, 4,00 mL water en 5,00 mL ammonia bij elkaar in een reageerbuis en mengt deze stoffen goed. Alle gehydrateerde koper(II)ionen worden omgezet tot $Cu(NH_3)_4^{2+}$ ionen. Deze ionen zorgen ervoor dat er een donkerblauwe oplossing ontstaat. De procedure die Vera heeft gevolgd, is in figuur 1 schematisch weergegeven.

figuur 1



Vera meet met behulp van een zogenoemde colorimeter de kleurintensiteit van de verkregen donkerblauwe oplossing. De kleurintensiteit heeft geen eenheid en is een maat voor de concentratie $Cu(NH_3)_4^{2+}$ ionen. Ook meet Vera de kleurintensiteit van een aantal standaardoplossingen met een bekende concentratie $Cu(NH_3)_4^{2+}$ ionen. Met behulp van deze laatste metingen maakt zij de ijklijn die in figuur 2 is weergegeven.

figuur 2



De donkerblauwe oplossing in de reageerbuis van Vera heeft een kleurintensiteit van 0,29. Met behulp van figuur 2 bepaalt Vera het kopergehalte van de munt. De oorspronkelijke massa van de munt was 4,07 g.

2p **4** Bereken met behulp van figuur 2 het aantal mol $Cu(NH_3)_4^{2+}$ ionen in de 10,00 mL oplossing in de reageerbuis. Lees de concentratie af in twee decimalen.

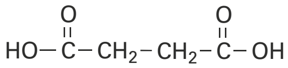
3p **5** Bereken het massapercentage koper in de munt.

Twee vliegen in één klap

Biogas kan een duurzaam, groen alternatief zijn voor fossiele brandstoffen. Het hoofdbestanddeel van biogas is methaan. Biogas bevat ook koolstofdioxide.

2p **6** Geef de structuurformules van koolstofdioxide en methaan.

Omdat biogas vaak te veel koolstofdioxide bevat, moet biogas eerst behandeld worden. In 2014 hebben Deense onderzoekers een duurzame methode gepresenteerd om biogas te ontdoen van koolstofdioxide.
In hun experiment, dat op kleine schaal is uitgevoerd, 'voeren' ze koolstofdioxide aan bacteriën die er barnsteenzuur van maken. De structuurformule van barnsteenzuur is hiernaast weergegeven.


barnsteenzuur

Via deze methode wordt biogas verkregen dat gebruikt kan worden voor het aardgasnet. Daarbij wordt ook een product gemaakt dat als grondstof gebruikt kan worden in de chemische industrie. Zo sla je twee vliegen in één klap. De methode is in onderstaande tekst kort beschreven.

Onderzoekers van de Technische Universiteit van Denemarken hebben een biotechnologische manier ontwikkeld om het gehalte methaan in biogas te verhogen. Hierbij wordt een suspensie van bacteriën blootgesteld aan een biogasmengsel van 60 volumeprocent methaan en 40 volumeprocent koolstofdioxide.
De bacteriën zijn volgens de onderzoekers in staat 'twee barnsteenzuurmoleculen te maken uit twee koolstofdioxidemoleculen en één glucosemolecuul'.
Methaan wordt niet verbruikt en verstoort het proces niet.
Om de oplosbaarheid van CO_2 te vergroten wordt de druk verhoogd.
Onder deze condities wordt per liter reactorvolume per dag 2,59 dm^3 CO_2 omgezet en 14,4 g barnsteenzuur geproduceerd.
Het gas dat de suspensie verlaat, bevat ruim 95 volumeprocent methaan.
Voor de meeste toepassingen is dat zuiver genoeg.

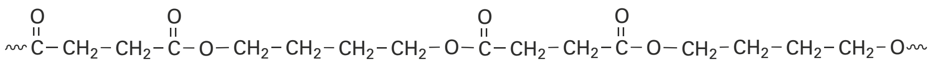
naar: Chemisch2Weekblad

De beschrijving van de reactie die in de regels 6 tot en met 8 wordt gegeven, is niet volledig.

2p **7** Leg uit, aan de hand van de formules van de betrokken stoffen, of barnsteenzuur het enige reactieproduct kan zijn.

3p **8** Laat met behulp van een berekening zien dat voor elke mol koolstofdioxide die wordt verbruikt, één mol barnsteenzuur ontstaat. Gebruik hierbij:
- gegevens uit de regels 11 en 12;
- het gegeven dat het volume van 1,00 mol koolstofdioxide 21,3 dm^3 is.

Barnsteenzuur kan worden gebruikt om PBS te maken. PBS is een kunststof die wordt gebruikt in de verpakkingsindustrie. PBS wordt gevormd uit barnsteenzuur en butyleenglycol. Hieronder is een fragment van PBS weergegeven, bestaande uit twee monomeereenheden van beide beginstoffen.



PBS

2p **9** Geef de structuurformule van butyleenglycol.

Het barnsteenzuur dat in het beschreven proces wordt gevormd, kan bij de productie van PBS worden gebruikt in plaats van barnsteenzuur dat uit aardolie afkomstig is. Dit PBS dat is gevormd uit 'groen barnsteenzuur', kan dan 'groen PBS' worden genoemd.

2p **10** Geef het nummer van een van de uitgangspunten in de groene chemie dat kan worden gebruikt als argument voor de benaming 'groen barnsteenzuur'.
- Gebruik Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6.
- Licht je antwoord toe.

SCR-techniek

In de motor van een dieselauto wordt diesel verbrand.

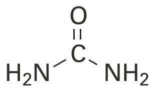
3p **11** Geef de vergelijking van de volledige verbranding van diesel. Gebruik de formule $C_{14}H_{30}$ voor diesel.

De uitlaatgassen van een dieselauto bevatten behalve de verbrandingsproducten van diesel ook stikstofoxiden (NO_x). De uitstoot van NO_x door dieselauto's draagt in belangrijke mate bij aan de concentratie van schadelijke NO_x in de lucht. NO_x heeft onder andere ongewenste effecten op de luchtkwaliteit.

2p **12** Geef een verklaring voor het ontstaan van NO_x in de dieselmotor.

2p **13** Noem twee ongewenste effecten van NO_x op de luchtkwaliteit.

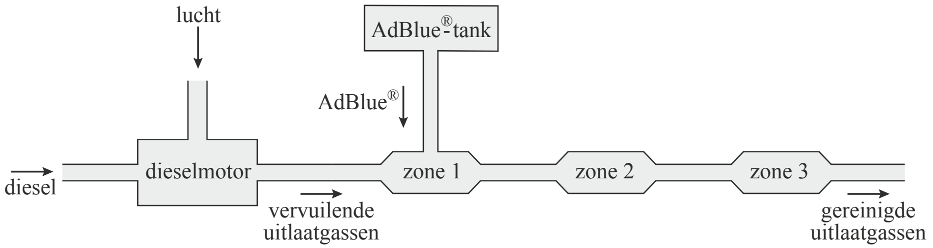
Selectieve katalytische reductie (*Engels*: SCR) is een technische voorziening in de uitlaat van een dieselauto die de uitstoot van NO_x vermindert. SCR maakt gebruik van AdBlue®. AdBlue® is een oplossing van ureum (CH_4N_2O) in water. De structuurformule van ureum is hiernaast weergegeven.



ureum

2p **14** Leg uit, aan de hand van de structuurformule van ureum, dat ureum goed oplosbaar is in water.

In onderstaande figuur is het SCR-systeem vereenvoudigd en schematisch weergegeven.



Om NO_x te verwijderen, vinden in de uitlaat de volgende processen plaats:

zone 1: AdBlue® wordt in de uitlaat gespoten en mengt met de hete uitlaatgassen.

zone 2: Alle ureum in AdBlue® wordt onder invloed van een katalysator omgezet tot ammoniak en koolstofdioxide volgens:

$$CH_4N_2O(s) + H_2O(g) \rightarrow 2\ NH_3(g) + CO_2(g) \qquad \text{(reactie 1)}$$

zone 3: Met behulp van de SCR-katalysator reageert NO_x met ammoniak tot stikstof en waterdamp. De gereinigde uitlaatgassen verlaten uiteindelijk de uitlaat.

Reactie 1 is een endotherme reactie. De benodigde warmte hiervoor wordt geleverd door de hete uitlaatgassen.

3p **15** Bereken de reactiewarmte (bij 298 K en $p = p_0$) voor reactie 1 in J per mol ureum.
- Gebruik Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2.
- Gebruik voor de vormingswarmte van ureum $-3{,}3 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

NO_x is een mengsel van voornamelijk stikstofmono-oxide en stikstofdioxide.

3p **16** Geef de vergelijking van de reactie tussen stikstofdioxide (NO_2) en ammoniak (NH_3) in zone 3. Hierbij ontstaan uitsluitend stikstof en waterdamp.

Een grote dieselvrachtwagen heeft een AdBlue®-tank gevuld met 90 liter AdBlue®. Deze hoeveelheid AdBlue® bevat $3{,}2 \cdot 10^4$ gram ureum.

3p **17** Bereken na hoeveel km deze vrachtwagen de 90 liter AdBlue® geheel heeft verbruikt. Gebruik hierbij de volgende gegevens:
- Voor de omzetting van 1,0 g NO_x is 0,86 g ureum nodig.
- 92 massaprocent van de NO_x die in de motor ontstaat, wordt in het SCR-systeem door de reactie met ureum omgezet tot stikstof en waterdamp.
- 8 massaprocent van de NO_x die in de motor ontstaat, wordt via de uitlaat in de lucht uitgestoten.
- Per km stoot de vrachtwagen 0,50 g NO_x via de uitlaat uit in de lucht.

Solar fuels

Wetenschappers onderzoeken manieren om zonne-energie op te slaan in de vorm van brandstoffen, zogenoemde ‘solar fuels’.
De eerste stap daartoe is zonne-energie gebruiken om water om te zetten tot waterstof en zuurstof. In de volgende stap moet men de gewonnen waterstof laten reageren met koolstofdioxide tot een koolstofhoudende brandstof. Dit proces komt in feite neer op het nabootsen van de natuurlijke fotosynthese die plaatsvindt in planten.

1p **18** Geef de naam van de koolstofhoudende brandstof die bij natuurlijke fotosynthese wordt gevormd.

Veel onderzoek richt zich op het vinden van goede en goedkope katalysatoren om water te ontleden tot waterstof en zuurstof.
In de bijlage is in diagram 1 het energiediagram van de ontleding van water **met** katalysator onvolledig weergegeven. Het energieniveau van de reactieproducten ontbreekt. Daarnaast is in diagram 2 het energiediagram van de ontleding van water **zonder** katalysator onvolledig weergegeven. In diagram 2 ontbreken het energieniveau van de geactiveerde toestand en het energieniveau van de reactieproducten.
Beide diagrammen zijn op dezelfde schaal weergegeven.

3p **19** Laat zien welke invloed de katalysator heeft op de ontleding van water, door in de bijlage in beide energiediagrammen de ontbrekende energieniveaus met bijbehorende bijschriften te tekenen.

bijlage bij vraag 19

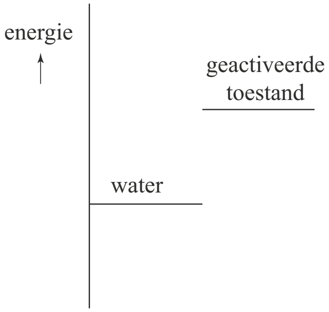


diagram 1
ontleding van water
met katalysator

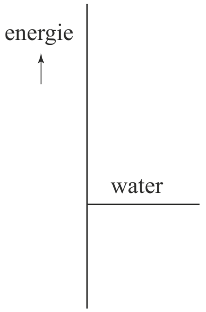
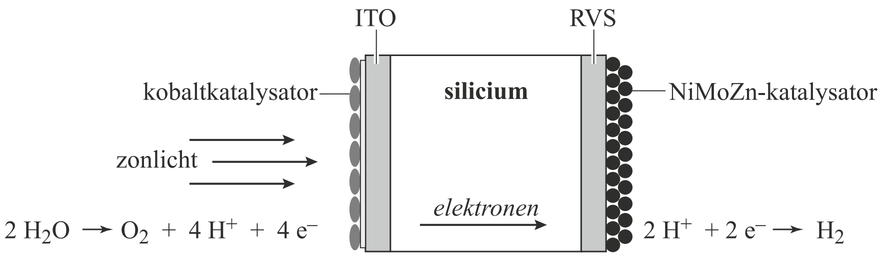


diagram 2
ontleding van water
zonder katalysator

In onderstaande tekst is een beschrijving gegeven van een onderzoek naar een geschikte katalysator. Dit onderzoek richt zich op een zogenoemd ‘kunstmatig plantenblad’.

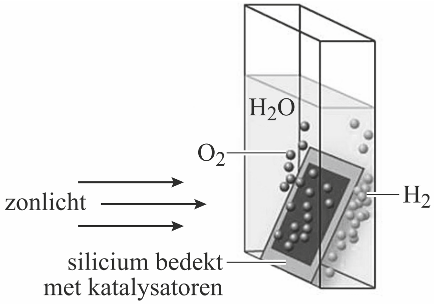
Het kunstmatige plantenblad (zie figuur 1 en 2) bestaat uit silicium met aan de zonkant een kobaltkatalysator die is bevestigd op een laagje ITO (een legering van onder andere indium en tin). Hier wordt H_2O omgezet tot O_2, H^+ en elektronen. De elektronen verplaatsen zich door het silicium.
Aan de andere kant zit een NiMoZn katalysator, bevestigd aan een laagje RVS (roestvast staal). Daar wordt H^+ omgezet tot H_2.

figuur 1



Als het kunstmatige plantenblad in een bak water wordt gezet en zonlicht op het blad valt, borrelen aan de zonkant zuurstofbelletjes en aan de andere kant waterstofbelletjes omhoog. Dit is weergegeven in figuur 2.

figuur 2



naar: Chemische feitelijkheden

De vaste stof ITO is een geleider en kan bijvoorbeeld worden gemaakt door 90 gram In_2O_3 met 10 gram SnO_2 te laten reageren. De stof ITO die daarbij ontstaat, is op te vatten als een legering van indium en tin waarbij in het rooster zuurstofmoleculen zijn ingebouwd.

3p **20** Bereken de molverhouding In : Sn in ITO.
Noteer de uitkomst van je berekening als volgt: In : Sn = ... : 1,0.
Gebruik de volgende gegevens:
- De molaire massa van In_2O_3 is 277,6 g mol^{-1}.
- De molaire massa van SnO_2 is 150,7 g mol^{-1}.
- Alle indium- en tin-atomen komen in ITO terecht.

2p **21** Geef de naam van het bindingstype dat aanwezig is in ITO en de naam van het soort deeltjes dat voor de elektrische stroomgeleiding in ITO zorgt.
Noteer je antwoord als volgt:
bindingstype: …
soort deeltjes: …

2p **22** Geef met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties in figuur 1 de vergelijking van de totale reactie die plaatsvindt in het kunstmatige plantenblad.

Een van de solar fuels die uit waterstof en koolstofdioxide kan worden gemaakt, is propaan-2-ol (C_3H_8O).

2p **23** Geef de structuurformule van propaan-2-ol.

Door gebruik van micro-organismen is men in staat om propaan-2-ol te produceren volgens de volgende reactie:

$$9\ H_2 + 3\ CO_2 \rightarrow C_3H_8O + 5\ H_2O \qquad \text{(reactie 1)}$$

2p **24** Bereken de atoomeconomie voor de vorming van propaan-2-ol volgens reactie 1.
Gebruik Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

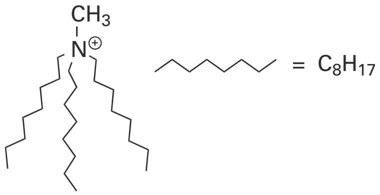
Grondstoffen uit spaarlampen

Oude spaarlampen en oude tl-buizen bevatten stoffen die worden aangeduid met de afkorting HALO. HALO geeft de gewenste kleur aan het licht. De kleur wordt onder andere bepaald door een klein percentage antimoonionen (Sb^{3+}) in HALO. Het aantal elektronen (en de verdeling ervan over de schillen) in de Sb^{3+} ionen zijn daarbij van belang.

2p **25** Leid het totale aantal elektronen af dat voorkomt in een Sb^{3+} ion.

Aangezien antimoon hoog staat op de lijst van elementen die schaars dreigen te worden, is men op zoek naar methoden om Sb^{3+} ionen uit HALO terug te winnen. Behalve Sb^{3+} ionen bevat HALO fosfaationen en calciumionen die kunnen worden gebruikt om hydroxy-apatiet te maken. Hydroxy-apatiet is een grondstof voor kunstmest. Onderzoekers hebben daarom een methode ontwikkeld waarbij uit HALO twee producten worden verkregen: antimoonoxide en hydroxy-apatiet.

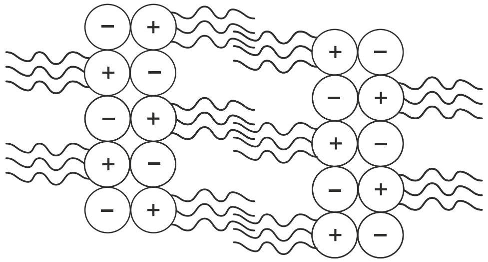
In deze methode wordt een ionische vloeistof gebruikt. Een ionische vloeistof is een zout dat vloeibaar is bij lage temperaturen, bijvoorbeeld bij kamertemperatuur. De gebruikte ionische vloeistof ($(C_8H_{17})_3CH_3NCl$) bestaat uit $(C_8H_{17})_3CH_3N^+$ ionen en Cl^- ionen. De $(C_8H_{17})_3CH_3N^+$ ionen zijn in onderstaande figuur met een vereenvoudigde structuurformule en op schematische wijze weergegeven.



vereenvoudigde structuurformule

schematische weergave

De vaste stof $(C_8H_{17})_3CH_3NCl$ heeft een veel lager smeltpunt dan het zout NaCl. Het verschil in smeltpunt kan verklaard worden aan de hand van de roosteropbouw van beide stoffen. Een mogelijke roosteropbouw van $(C_8H_{17})_3CH_3NCl$ is vereenvoudigd en schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



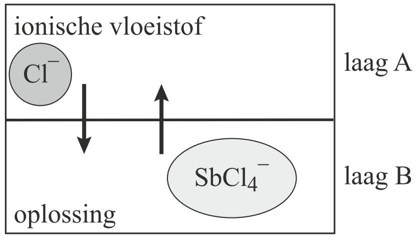
1p **26** Geef met behulp van een schets de roosteropbouw van NaCl weer.
- Teken acht positieve en acht negatieve ionen.
- Gebruik voor elk positief ion (+) en voor elk negatief ion (−).

3p **27** Verklaar aan de hand van de bindingstypen tussen de samenstellende deeltjes, dat $(C_8H_{17})_3CH_3NCl$ een lager smeltpunt heeft dan NaCl.
Noteer je antwoord als volgt:
bindingstype(s) in $(C_8H_{17})_3CH_3NCl$: …
bindingstype(s) in NaCl: …
verklaring: …

De ontwikkelde methode verloopt in een aantal stappen.

stap 1: Aan HALO wordt een overmaat zoutzuur gevoegd. Daarbij ontstaat een waterige oplossing. De Sb^{3+} ionen uit HALO worden omgezet tot $SbCl_4^-$ ionen.

stap 2: Aan de oplossing uit stap 1 wordt de eerdergenoemde ionische vloeistof toegevoegd. De ionische vloeistof mengt niet met de oplossing die in stap 1 is ontstaan. Er ontstaat een twee-lagensysteem. Tussen de twee vloeistoffen worden de Cl^- ionen uit de ionische vloeistof met de $SbCl_4^-$ ionen van stap 1 uitgewisseld (zie onderstaande figuur). Na enige tijd worden de twee vloeistoflagen A en B van elkaar gescheiden.



stap 3: Aan laag A wordt een natriumhydroxide-oplossing toegevoegd. De twee vloeistoffen worden flink door elkaar geschud. De volgende reactie treedt op:

$$2\ SbCl_4^- + 6\ OH^- \rightarrow Sb_2O_3\ (s) + 3\ H_2O + 8\ Cl^-$$

Sb_2O_3 wordt afgescheiden van de twee vloeistoffen.

2p **28** Leg uit welke scheidingsmethode geschikt is om Sb_2O_3 te scheiden van de twee vloeistoffen.

stap 4: Nadat Sb_2O_3 is afgescheiden, worden ook de twee vloeistoffen (de ionische vloeistof en de ontstane natriumchloride-oplossing) van elkaar gescheiden.

stap 5: Aan de laag B die in stap 2 is afgescheiden, wordt ook een natriumhydroxide-oplossing toegevoegd. Fosfaationen en calciumionen, afkomstig van HALO, reageren met hydroxide-ionen tot vast hydroxy-apatiet. Het hydroxy-apatiet en de overgebleven natriumchloride-oplossing (die ook enige verontreinigingen bevat) worden gescheiden.

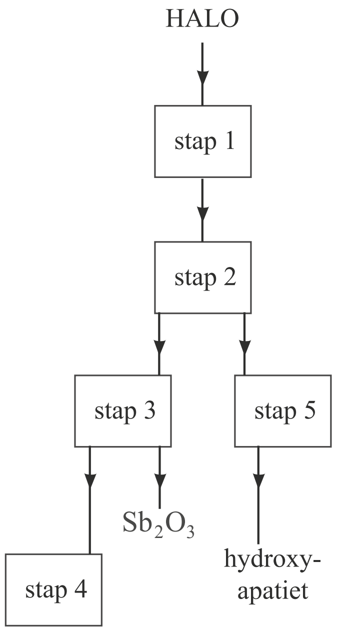
Hydroxy-apatiet bestaat uit calciumionen, fosfaationen en hydroxide-ionen. De fosfaationen en de hydroxide-ionen komen voor in de molverhouding 3 : 1.

2p **29** Leid de verhoudingsformule van hydroxy-apatiet af.
Noteer je antwoord als volgt:
totale lading van de negatieve ionen: …
verhoudingsformule hydroxy-apatiet: …

In de bijlage is het beschreven proces om Sb_2O_3 en hydroxy-apatiet te produceren uit HALO, in een vereenvoudigd en nog onvolledig blokschema weergegeven. In dit blokschema ontbreken enkele stofstromen en de namen van de bijbehorende stoffen.

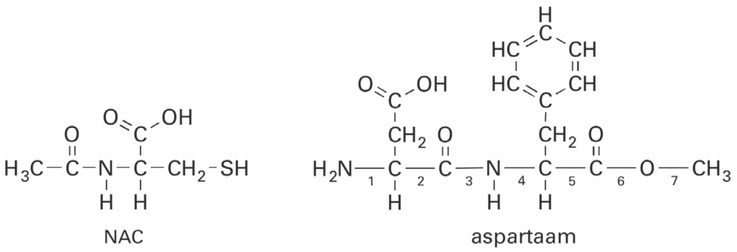
4p **30** Maak het blokschema hieronder compleet.
- Noteer de ontbrekende pijlen en de nummers van de volgende ontbrekende stoffen bij deze pijlen:
  1 ionische vloeistof
  2 natriumchloride-oplossing
  3 natriumhydroxide-oplossing
  4 zoutzuur
- Sommige nummers moeten meer dan één keer worden gebruikt.
- Houd rekening met hergebruik van stoffen.
- Bij de reeds getekende pijlen hoeft geen nummer te worden genoteerd.

bijlage bij vraag 30



Fluimucil®

Bij een vastzittende hoest schrijft de huisarts soms Fluimucil® voor om het vastzittende slijm in de longen gemakkelijker te kunnen ophoesten.
Het werkzame bestanddeel in Fluimucil® is NAC (N-acetylcysteïne). Behalve NAC bevat Fluimucil® onder andere de zoetstof aspartaam. De structuurformules van NAC en aspartaam zijn in onderstaande figuur weergegeven.

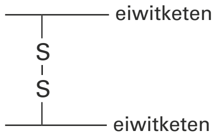


Een molecuul aspartaam is opgebouwd uit twee aminozuureenheden die door een peptidebinding aan elkaar gekoppeld zijn. Een van deze aminozuureenheden is ook veresterd. In de structuurformule van aspartaam is een aantal atoombindingen voorzien van een nummer.

2p **31** Geef het nummer van de binding die is gevormd bij de koppeling van de aminozuureenheden en het nummer van de binding die is gevormd bij de verestering van een van de aminozuureenheden.
Noteer je antwoord als volgt:
- koppeling van de aminozuureenheden: nummer …
- verestering: nummer …

2p **32** Geef de 3-letter-symbolen van de twee aminozuren die in aspartaam aan elkaar gekoppeld zijn.
Gebruik Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7c.

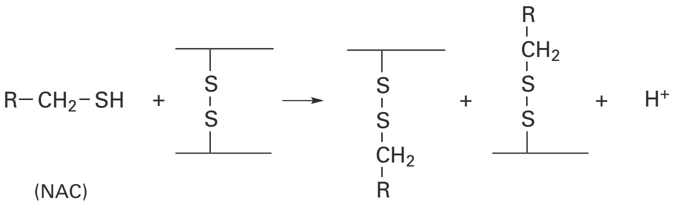
Slijm bestaat onder andere uit eiwitten, water en zouten.
In dik, vastzittend slijm komen relatief veel eiwitten voor. Tussen de eiwitketens komen crosslinks voor in de vorm van S–S bindingen, zogenoemde zwavelbruggen.
In onderstaande figuur is zo'n zwavelbrug schematisch weergegeven.



De werking van NAC berust op het verbreken van zwavelbruggen in het slijm. Het verbreken van de zwavelbruggen is een redoxreactie. In de bijlage is de vergelijking van de halfreactie van het verbreken van zwavelbruggen in slijm schematisch weergegeven. De structuurformule van NAC is hierbij weergegeven als R-CH_2-SH.
De vergelijking van deze halfreactie is onvolledig: de elektronen (e^-) en de coëfficiënten ontbreken.

3p **33** Maak de onvolledige vergelijking in de bijlage compleet door e^- aan de juiste kant van de pijl te zetten en de vergelijking kloppend te maken.

bijlage bij vraag 33



Door Fluimucil® te gebruiken verandert de microstructuur van slijm, waardoor het slijm beweeglijker wordt. Vastzittend slijm is hierdoor gemakkelijker op te hoesten.

2p **34** Leg uit op microniveau, dat slijm 'beweeglijker' wordt door het gebruik van Fluimucil®.

Hints bij examen 2019-I[1)]

1 Een reductor geeft elektronen af; een oxidator neemt elektronen op.
2 Waar in een klaslokaal doe je proeven met gevaarlijke stoffen?
3 Watermoleculen hebben een positieve en een negatieve kant.
4 ‘Aflezen in twee decimalen’ betekent: ‘Aflezen in twee cijfers achter de komma’.
5 De ‘muntoplossing‘ wordt bij de bepaling verdund; zie figuur 1.
6 Denk aan de covalenties (het aantal bindingen) van alle atomen.
7 Hoeveel van elke atoomsoort staat er voor de pijl?
8 Bereken het aantal mol CO_2 en, in een aparte berekening, het aantal mol barnsteenzuur (per liter reactorvolume en per dag).
9 PBS is een polyester. Uit welke twee soorten stoffen vorm je een ester?
10 Kijk naar de beginstoffen.
11 Welke stof moet er in ieder geval voor de pijl staan bij een verbranding?
12 Wat is de samenstelling van lucht?
13 NO_x reageert in de lucht met water tot schadelijke stoffen.
14 Welke bindingen zie je in de structuurformule?
15 Water is hier gasvormig.
16 Begin met het kloppend maken van het aantal H atomen voor en na de pijl.
17 De hoeveelheid ureum in 90 L AdBlue® is goed voor 92% van de NO_x. Hoeveel is dan 8% NO_x?
19 De reactie is endotherm.
20 Hoeveel mol In (ionen) bevat 1 mol In_2O_3?
21 ITO is een legering van indium en tin (zie de tekst).
22 Denk aan het wegstrepen van deeltjes die na het optellen voor en na de pijl staan.
23 ‘2-ol’ geeft een alcoholgroep op het tweede koolstofatoom aan.
24 In de teller van de breuk staat de massa van C_3H_8O.
25 Het Sb^{3+} ion heeft drie elektronen minder dan het Sb atoom.
27 Smelten is het gedeeltelijk verbreken van bindingen tussen de samenstellende deeltjes.
28 Kijk in de reactievergelijking ook naar de toestandsaanduiding.
29 Een verhoudingsformule is de formule van een zout. Deze bevat evenveel plus- als minlading.
30 Lees goed de tekst. Zet geen cijfers bij de bestaande pijlen.
31 Het ingesloten O atoom van een esterbinding hoort bij het alcoholgedeelte.
32 Kijk naar de zijgroepen van de aminozuren.
33 Tel het aantal S atomen, dan het aantal H atomen. Denk aan de lading.
34 Maak alleen gebruik van termen op microniveau zoals ‘moleculen’ en ‘ketens’.

1) Voor de eenpuntsvragen 18 en 26 zijn er geen hints.

© ThiemeMeulenhoff

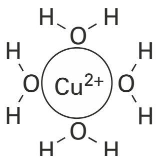
Uitwerkingen bij examen 2019-I

Kopergehalte van een munt

2p **1** Cu wordt Cu^{2+}. Er zijn daarbij twee elektronen afgestaan. [1p] Cu is dus de reductor. [1p]

2p **2** H314 is van toepassing op de stof: geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3).
Maatregel: werk in een zuurkast / draag handschoenen / draag oogbescherming. [1p]
H330 is van toepassing op de stof: NO_2.
Maatregel: werk in een zuurkast. [1p]

2p **3**



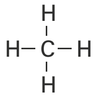
Watermoleculen hebben aan de kant van het O atoom een kleine negatieve lading en aan de kant van de H atomen een kleine positieve lading. Bij omringing (hydratatie) van een positief ion hechten watermoleculen zich met hun negatieve kant aan het ion.
vier structuurformules van water [1p], elk met het O atoom naar het ion gericht [1p]

2p **4** Bij een kleurintensiteit van 0,29 hoort $[Cu(NH_3)_4^{2+}] = 5{,}61 \cdot 10^{-3}$ mol L^{-1} (diagram). [1p]
Er is 10,00 mL = $10{,}00 \cdot 10^{-3}$ L oplossing. Deze bevat $10{,}00 \cdot 10^{-3} \cdot 5{,}61 \cdot 10^{-3}$ $= 5{,}61 \cdot 10^{-5}$ mol $Cu(NH_3)_4^{2+}$ (of $5{,}60 \cdot 10^{-5}$ of $5{,}62 \cdot 10^{-5}$ mol). [1p]

3p **5** Er zat $5{,}61 \cdot 10^{-5}$ mol $Cu(NH_3)_4^{2+}$ in 10,00 mL (zie 4). Dit was een verdunde 1,00 mL die kwam uit 1,000 L oplossing (figuur 1). Deze oplossing bevatte dus $1000 \cdot 5{,}61 \cdot 10^{-5}$ $= 5{,}61 \cdot 10^{-2}$ mol $Cu(NH_3)_4^{2+}$. [1p] 1 mol $Cu(NH_3)_4^{2+}$ bevat 1 mol Cu, dus $5{,}61 \cdot 10^{-2}$ mol $Cu(NH_3)_4^{2+}$ bevat $5{,}61 \cdot 10^{-2}$ mol Cu. 1 mol Cu heeft een massa van 63,55 u (Binas 99).
$5{,}61 \cdot 10^{-2}$ mol Cu heeft een massa van $5{,}61 \cdot 10^{-2}$ mol $\cdot$ 63,55 g mol^{-1} = 3,565 g Cu. [1p]
De munt van 4,07 g bevat dus $\frac{3{,}565}{4{,}07} \cdot 100\% = 87{,}6\%$ Cu (3 significante cijfers). [1p]

Twee vliegen in één klap

2p **6**



O=C=O

2p **7** Voor de reactiepijl staat 2 CO_2 + $C_6H_{12}O_6$. Dat is samen $C_8H_{12}O_{10}$. Na de pijl staat twee barnsteenzuur: 2 $C_4H_6O_4$. Dat is samen $C_8H_{12}O_8$. [1p] Er ontbreken na de pijl twee O atomen. Dus barnsteenzuur kan niet het enige reactieproduct zijn. [1p]

3p **8** 1,00 mol CO_2 heeft een volume van 21,3 dm^3. Per dag wordt 2,59 dm^3 CO_2 verbruikt.
Dit komt overeen met $\frac{2{,}59}{21{,}3} = 0{,}122$ mol CO_2. [1p] 1,00 mol barnsteenzuur ($C_4H_6O_4$) heeft een massa van $4 \cdot 12{,}01 + 6 \cdot 1{,}008 + 4 \cdot 16{,}00 = 118{,}09$ g (Binas 99). [1p]
14,4 g $C_4H_6O_4$ komt overeen met $\frac{14{,}4 \text{ g}}{118{,}09 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}122$ mol $C_4H_6O_4$. [1p]
Het aantal mol CO_2 is gelijk aan het aantal mol $C_4H_6O_4$ dat daarmee gemaakt wordt.

2p **9** HO–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–OH
PBS is een polyester, onder andere gevormd uit barnsteenzuur, een dizuur. Dus het andere molecuul moet een diol zijn.
koolstofketen met op uiteinden OH [1p], rest van formule juist [1p]

© ThiemeMeulenhoff

2p **10** *Mogelijke antwoorden:*

- nummer 7: [1p] Barnsteenzuur wordt gemaakt uit de hernieuwbare grondstof glucose / koolstofdioxide. [1p]
- nummer 1: [1p] Met de vorming van barnsteenzuur wordt CO_2 weggenomen. [1p]

SCR-techniek

3p **11** $2\ C_{14}H_{30}\ +\ 43\ O_2 \rightarrow 28\ CO_2\ +\ 30\ H_2O$
juiste formules [1p], C en H kloppend [1p], O kloppend [1p]

2p **12** De lucht bevat stikstof. [1p] Bij verbranding (reactie met zuurstof) in de motor op hoge temperatuur ontstaan hieruit stikstofoxiden. [1p]

2p **13** *Mogelijke antwoorden (geef er twee):*

- zure depositie / zure regen / verzuring
- smogvorming
- giftige stof(fen)

2p **14** Ureummoleculen bevatten NH bindingen. [1p]
Deze kunnen waterstofbruggen vormen met watermoleculen. [1p]

3p **15** De reactiewarmte van de reactie is $\Delta E = \sum E_{\text{vorming reactieproducten}} - \sum E_{\text{vorming beginstoffen}} =$

$E_{\text{vorming ammoniak}} + E_{\text{vorming koolstofdioxide}} - E_{\text{vorming ureum}} - E_{\text{vorming waterdamp}} =$

$2 \cdot -0{,}459 \cdot 10^5 + -3{,}935 \cdot 10^5 + 3{,}3 \cdot 10^5 + 2{,}42 \cdot 10^5 = +0{,}9 \cdot 10^5$ J per mol ureum.
De significantie van het antwoord wordt hier niet beoordeeld.
juiste vormingswarmtes met + en − [1p], vermenigvuldiging [1p], optelling [1p]

3p **16** $6\ NO_2\ +\ 8\ NH_3 \rightarrow 7\ N_2\ +\ 12\ H_2O$
Maak eerst H kloppend, dan O en als laatste N. Je moet daarbij twee keer de coëfficiënten verdubbelen.
alleen juiste formules voor en na de pijl [1p], O en H kloppend [1p], N kloppend [1p]

3p **17** *Mogelijke antwoorden:*
Voor de omzetting van 1,0 g NO_x is 0,86 g ureum nodig (gegeven). $3{,}2 \cdot 10^4$ g ureum kan dus $\frac{3{,}2 \cdot 10^4 \text{ g}}{0{,}86} = 3{,}72 \cdot 10^4$ g NO_x omzetten. [1p]
Dat is 92% van de totale hoeveelheid NO_x die wordt gevormd in de motor.
8% wordt uitgestoten (gegeven). Dat komt overeen met $\frac{8}{92} \cdot 3{,}72 \cdot 10^4 = 3{,}2 \cdot 10^3$ g NO_x. [1p]
Per 1,0 km wordt 0,50 g NO_x uitgestoten (gegeven).
$3{,}2 \cdot 10^3$ g NO_x wordt dus uitgestoten over $\frac{3{,}2 \cdot 10^3 \text{ g}}{0{,}50 \text{ g km}^{-1}} = 6 \cdot 10^3$ km. [1p]
of
Er wordt 0,50 g NO_x per km uitgestoten (gegeven). Dit vormt maar 8% van de totale hoeveelheid NO_x die in de motor wordt gevormd. 92% wordt met ureum omgezet (gegeven).
Per km wordt dus $\frac{92}{8} \cdot 0{,}50$ g = 5,8 g NO_x omgezet. [1p] Per gram is 0,86 g ureum nodig (gegeven), dus voor 5,8 g is 0,86 · 5,8 g = 4,9 g ureum nodig (per km). [1p]
In totaal is $3{,}2 \cdot 10^4$ g ureum beschikbaar in de tank (gegeven).
Het aantal km dat daarmee kan worden gereden, is $\frac{3{,}2 \cdot 10^4 \text{ g}}{4{,}9 \text{ g}} \cdot 1 \text{ km} = 6 \cdot 10^3$ km (of $6{,}5 \cdot 10^3$ km). [1p]
Bij deze opgave werd de significantie niet beoordeeld.

© ThiemeMeulenhoff

Solar fuels

1p **18** glucose
De vergelijking van de fotosynthese is $6\ CO_2\ +\ 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6\ +\ 6\ O_2$.

3p **19**

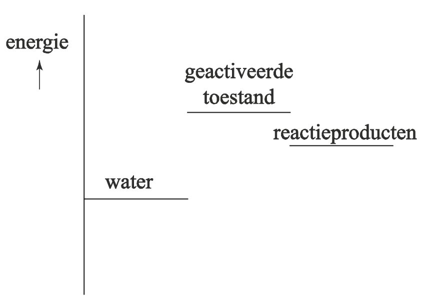


diagram 1
ontleding van water
met katalysator

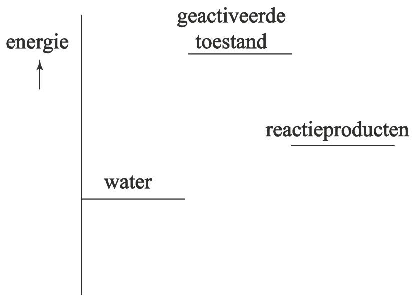


diagram 2
ontleding van water
zonder katalysator

Een katalysator verlaagt de activeringsenergie.
in diagram 2: geactiveerde toestand op hoogste niveau, hoger dan in diagram 1 en bijschrift [1p], in diagram 1: niveau reactieproducten hoger dan niveau beginstoffen en bijschrift [1p], in diagram 2: niveau reactieproducten op zelfde niveau als in diagram 1 en bijschrift [1p]

3p **20** 90 g In_2O_3 komt overeen met $\frac{90 \text{ g}}{277{,}6 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}324$ mol In_2O_3.
1 mol In_2O_3 bevat 2 mol In. 0,324 mol In_2O_3 bevat dus 2 · 0,324 = 0,648 mol In. [1p]
10 g SnO_2 komt overeen met $\frac{10 \text{ g}}{150{,}7 \text{ g mol}^{-1}} = 0{,}0664$ mol SnO_2 = 0,0664 mol Sn. [1p]
molverhouding In : Sn = 0,648 : 0,0664 = $\frac{0{,}648}{0{,}0664}$: 1,0 = 9,8 : 1,0 (2 significante cijfers). [1p]

2p **21** bindingstype: metaalbinding
soort deeltjes: vrij bewegende elektronen

2p **22** Bij de ITO-elektrode: $2\ H_2O \rightarrow O_2\ +\ 4\ H^+\ +\ 4\ e^-$
Bij de RVS-elektrode: $2\ H^+\ +\ 2\ e^- \rightarrow H_2$ 2x
opgeteld (zonder e^-): $2\ H_2O\ +\ 4\ H^+ \rightarrow O_2\ +\ 4\ H^+\ +\ 2\ H_2$ [1p]
totale reactie (na wegstrepen H^+): $2\ H_2O \rightarrow O_2\ +\ 2\ H_2$ [1p]

2p **23** $CH_3-CH(OH)-CH_3$
voldoet aan C_3H_8O *[1p], OH groep aan tweede C atoom [1p]*

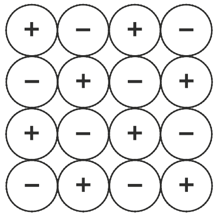
2p **24** De formule voor de atoomeconomie is:
$\frac{\text{massa van gewenst product}}{\text{massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\%$ (Binas 37H).
De massa van 1 mol propaan-2-ol (C_3H_8O) is 3 · 12,01 + 8 · 1,008 + 16,00 = 60,09 g (Binas 99). De massa's van de beginstoffen zijn 9 · (2 · 1,008) = 18,144 g (9 mol H_2) en 3 · 44,010 = 132,03 g (3 mol CO_2) (Binas 98 en 99). [1p]
De atoomeconomie is $\frac{60{,}09}{18{,}144 + 132{,}03} \cdot 100\% = 40{,}01\%$. [1p]
De significantie van het antwoord wordt hier niet beoordeeld.

© ThiemeMeulenhoff

Grondstoffen uit spaarlampen

2p **25** Sb heeft atoomnummer 51. Dus een Sb atoom bevat 51 protonen. [1p]
Het aantal elektronen van het Sb^{3+} ion is dus 51 – 3 = 48. [1p]
Elektronen zijn negatief geladen. Als een atoom elektronen afgeeft, krijgt het ion daardoor een positieve lading.

1p **26**



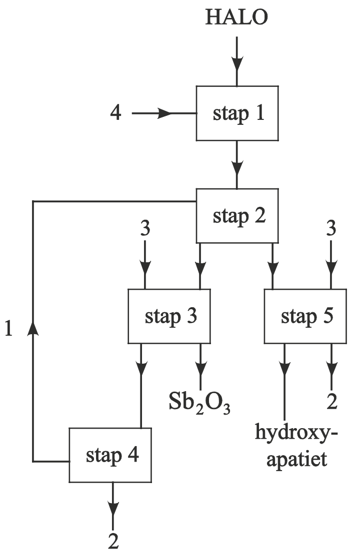
De ionen kunnen ook in grootte verschillen (is meestal het geval).

3p **27** bindingstype(s) in $(C_8H_{17})_3CH_3NCl$: ionbinding en vanderwaalsbinding [1p]
bindingstype(s) in NaCl: ionbinding [1p]
verklaring: De vanderwaalsbinding is zwakker dan de ionbinding. [1p]
De binding binnen de positieve ionen van de ionische vloeistof is een atoombinding.

2p **28** Er ontstaat een vaste stof (Sb_2O_3) in een oplossing. [1p] Je kunt dus filtreren. [1p]

2p **29** totale lading van de negatieve ionen: 10– [1p]
verhoudingsformule hydroxy-apatiet: $Ca_5(PO_4)_3OH$ [1p]
De lading van 3 PO_4^{3-} ionen en één OH^- ion is samen 10–. Er moeten dus 5 Ca^{2+} ionen bij (5 · 2+ = 10+) om een neutraal zout te krijgen.

4p **30**



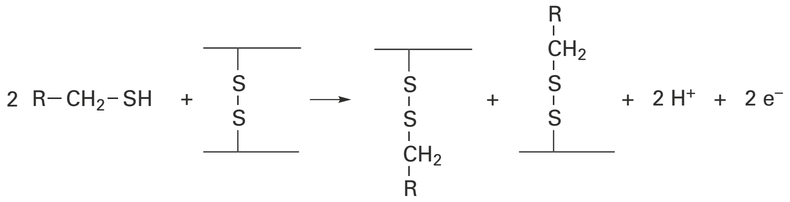
stofstroom 1 met recirculatie [1p], stofstromen 2 [1p], stofstromen 3 [1p], stofstroom 4 [1p]

Fluimicil®

2p **31** koppeling van de aminozuureenheden: nummer 3
verestering: nummer 6 (of 7)
Het ingesloten O atoom van een esterbinding hoort bij het alcoholgedeelte en dus niet bij het gedeelte met C=O (zuurgedeelte). Maar omdat die kennis niet tot de examenstof behoort, wordt nummer 7 voor de plaats van de verestering ook goed gerekend.
Het verdwijnen van de OH van de zuurgroep vind je ook bij de andere bekende condensatiereactie: de vorming van een peptidebinding.

2p **32** Asp en Phe

3p **33**



e^- na de pijl [1p], kloppend gemaakt [1p], lading kloppend [1p]

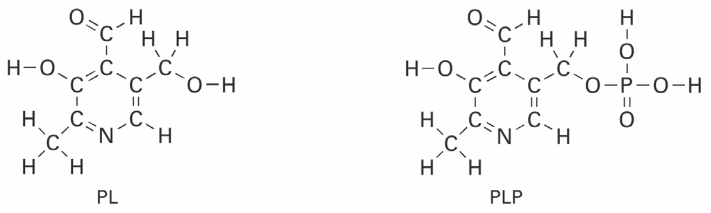
2p **34** Fluimucilmoleculen verbreken de netwerkstructuur van (of crosslinks tussen) de eiwitketens. [1p] Hierdoor kunnen de eiwitketens vrij ten opzichte van elkaar bewegen. [1p]

Examen 2019-II

Vitamine B6

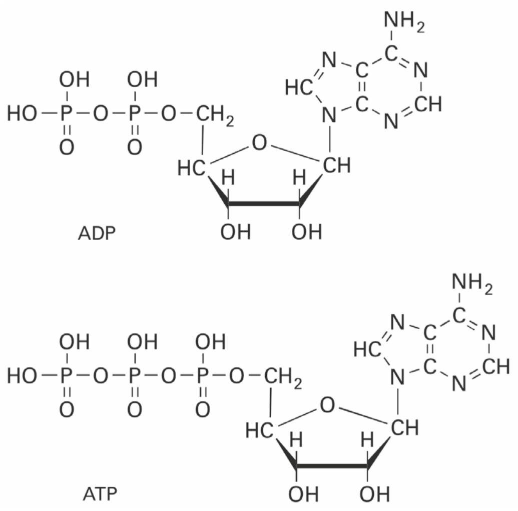
Vitamine B6 speelt onder meer een rol bij de vorming van rode bloedcellen en een goede werking van het zenuwstelsel. De aanduiding 'vitamine B6' wordt gebruikt voor een aantal hydrofiele verbindingen die in het lichaam in elkaar kunnen worden omgezet. De namen van twee van deze verbindingen worden afgekort weergegeven met PL en PLP.

De structuurformules van PL en PLP zijn hieronder weergegeven.



2p **1** Geef in de bovenstaande structuurformule van PL weer hoe twee watermoleculen aan een PL-molecuul kunnen binden door middel van waterstofbruggen. Teken de watermoleculen in structuurformules en geef de waterstofbruggen met stippellijntjes (….) weer.

PL en PLP zijn betrokken bij een bepaalde omzetting die plaatsvindt door reactie van één van beide stoffen met ATP. Hierbij ontstaat de andere stof en ADP. De structuurformules van ATP en ADP staan hieronder.



2p **2** Leg uit aan de hand van de structuurformules of PLP bij deze omzetting de beginstof of het reactieproduct is.

Het menselijk lichaam kan vitamine B6 niet zelf aanmaken. Daarom moet deze vitamine uit voedsel worden opgenomen. De aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (ADH) voor vitamine B6 is 1,5 mg.

Op internet zijn verschillende tabellen te vinden met gegevens over de hoeveelheid vitamines in voeding. Goede bronnen van vitamine B6 zijn bijvoorbeeld vlees, bananen en eieren.
Het Voedingscentrum geeft aan dat 100 g banaan 0,291 mg vitamine B6 bevat. De website www.vitamine-info.nl vermeldt dat één banaan 28% van de ADH van vitamine B6 bevat.

2p **3** Toon met behulp van een berekening aan dat deze gegevens over de hoeveelheid vitamine B6 in banaan nagenoeg met elkaar overeenkomen.
Ga ervan uit dat een banaan gemiddeld 147 gram weegt.

Vitamine B6 fungeert als een soort 'hulpdeeltje' van het enzym glutaminezuurdecarboxylase (GAD). Wanneer vitamine B6 bindt aan GAD ontstaat een biokatalysator die de 'decarboxylering' van het aminozuur glutaminezuur katalyseert. Hierbij wordt uitsluitend glutaminezuur omgezet. Deze decarboxylering is een reactie waarbij één molecuul koolstofdioxide wordt afgesplitst. Er ontstaat dan een stof (gamma-aminoboterzuur) die een rol speelt in het zenuwstelsel.

1p **4** Noem de eigenschap van deze biokatalysator die ervoor zorgt dat er geen andere stoffen dan glutaminezuur worden omgezet.

2p **5** Geef de reactievergelijking in molecuulformules voor de decarboxylering van glutaminezuur.
Maak gebruik van Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7c.

Sterretjes

Rond 'Oud en Nieuw' worden zogenoemde sterretjes aangestoken. Een sterretje is een soort vuurwerk dat langzaam opbrandt en daarbij wegspringende vonken geeft. Een sterretje bestaat uit een stukje ijzerdraad dat voor een deel is bedekt met een zogenoemde sas. De sas kan bestaan uit een zuurstofleverende stof (bariumnitraat), een bindmiddel (bijvoorbeeld dextrine), aluminiumpoeder en ijzervijlsel. Bij een aangestoken sterretje treedt tegelijkertijd een aantal reacties op, waarbij veel energie vrijkomt.
De vergelijking van één van de reacties die optreedt wanneer een sterretje wordt aangestoken, is hieronder weergegeven:

$$10\ Al + 3\ Ba(NO_3)_2 \rightarrow 3\ BaO + 3\ N_2 + 5\ Al_2O_3$$

Hierdoor ontstaat gas waardoor gloeiende ijzerdeeltjes worden weggeschoten.
De voor sterretjes kenmerkende vonken ontstaan door de snelle verbranding van deze wegvliegende ijzerdeeltjes met zuurstof uit de lucht.

Wanneer ijzer reageert met zuurstof treedt de volgende exotherme reactie op:

$4\ Fe\ +\ 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$

2p **6** Licht toe aan de hand van de reactiewarmte dat de reactie van ijzer met zuurstof exotherm is. Gebruik hierbij Binas-tabel 57A of ScienceData-tabel 9.2 en vermeld de waarde die je hebt gebruikt.

Guus onderzoekt of een sterretje kan branden in een kleine ruimte.
Daarom steekt hij een sterretje aan en stopt dat, met de aangestoken kant naar beneden, in een smalle open fles.
Hij doet de volgende waarnemingen:

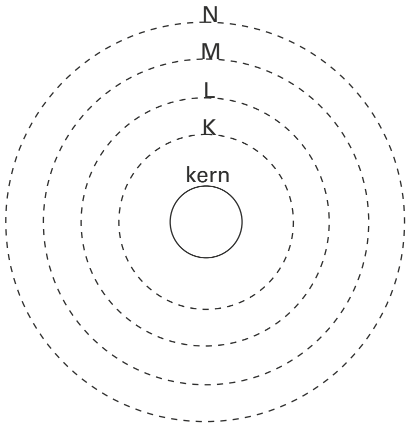
a In de fles is slechts enkele seconden een vonkenregen te zien. Daarna niet meer.
b Bij de halsopening komen af en toe vonken uit de fles.
c Het sterretje brandt helemaal 'op': de sas is verdwenen.

1p **7** Geef een mogelijke verklaring voor het verschijnsel dat de vonkenregen in de fles wel begint, maar snel uitdooft (waarneming a).

1p **8** Geef aan waardoor het mogelijk is dat het sterretje wel opbrandt (waarneming c).

Het verbranden van ijzerdeeltjes veroorzaakt goudwitte vonken. Het ontstaan van de vonken heeft te maken met de bouw van de elektronenwolk van de aanwezige metaalatomen. Bij toevoer van energie kan een elektron overgaan naar een hogere energietoestand. Dit elektron zal echter snel teruggaan naar de oorspronkelijke energietoestand waarbij de overtollige energie vrijkomt. Een deel hiervan wordt uitgezonden in de vorm van licht.

Hieronder is de kern van een ijzeratoom weergegeven met daaromheen een K-, L-, M- en N-schil. De K- en L-schil zijn volledig gevuld, de M-schil van een ijzeratoom bevat 14 elektronen en de N-schil 2 elektronen.



4p **9** Geef in de figuur hierboven de bouw van een atoom Fe-56. Geef de plaats van de protonen, neutronen en elektronen aan door middel van de notaties *p*, *n* en *e*. Noteer hierbij ook steeds het aantal (protonen, neutronen of elektronen).

Om vonken met een andere kleur te laten ontstaan kunnen metaalverbindingen aan de sas worden toegevoegd. Ook wordt dan een chloorverbinding toegevoegd, waardoor bij hoge temperaturen metaalchloriden ontstaan die voor de kleureffecten zorgen. Zo kan bijvoorbeeld strontiumcarbonaat worden gebruikt om rode vonken te laten ontstaan.

2p **10** Geef, met behulp van Binas-tabel 65A of ScienceData-tabel 8.9, de formule van een ander carbonaat dat bij het branden van een sterretje voor rode vonken zorgt.

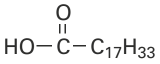
Croda

Het bedrijf Croda laat zien dat duurzaamheid, innovatie en economische doelen uitstekend samen kunnen gaan:

Croda uit Gouda splitst oliën en vetten en maakt er glycerol en vetzuren van. Van de onverzadigde vetzuren kan Croda monomeren maken voor specifieke polymeren en coatings. Natuurlijke vetzuren hebben één carboxylgroep aan het uiteinde van het molecuul. Samen met het bedrijf Umicore ontwikkelde Croda een uniek katalytisch proces om ook aan het andere uiteinde een carboxylgroep te krijgen. De basis voor deze technologie is de alkeenmetathese-reactie, een vinding waarvoor in 2005 de Nobelprijs voor de chemie werd uitgereikt. Erik Philipse van Croda zegt erover: 'De vetzuren die wij uit natuurlijke oliën en reststromen isoleren hebben veel dubbele bindingen. Die binding breken wij via alkeenmetathese met behulp van een katalysator, die we steeds terugwinnen in een energiezuinig proces met hoge selectiviteit. Daarna zetten we de beide stukken van verschillende vetzuren weer aan elkaar en beschikken dan over onverzadigde vetzuren met twee carboxylgroepen. Deze dubbelfunctionele vetzuren zijn vervolgens zeer goed te gebruiken als *building blocks* voor veel soorten polymeren, zoals polyesters en polyamides.' Met deze technologie maakt Croda een reuzenstap in de ontwikkeling van nieuwe biobased bouwstenen en daarmee op de markt voor groene chemische producten.

naar: Naar groene chemie en groene materialen

Een voorbeeld van een onverzadigd vetzuur (regel 2) is hieronder in een vereenvoudigde structuurformule weergegeven:

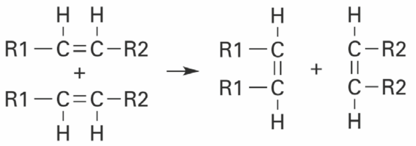


2p **11** Leid af dat dit vetzuur onverzadigd is. Gebruik hierbij bovenstaande vereenvoudigde structuurformule.

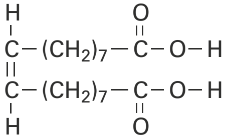
Het 'splitsen' (regels 1 en 2) kan gebeuren door het vet te laten reageren met water.

3p **12** Geef, in structuurformules, de vergelijking weer van de reactie van een vet met water. Gebruik daarvoor een vet waarin twee eenheden palmitinezuur en één eenheid stearinezuur zijn veresterd met glycerol. Noteer het koolwaterstofgedeelte van palmitinezuur als $C_{15}H_{31}$ en dat van stearinezuur als $C_{17}H_{35}$.

Alkeenmetathese (regel 11) is een gekatalyseerde reactie die plaatsvindt tussen twee onverzadigde koolstofverbindingen. In deze reactie worden twee dubbele bindingen verbroken en twee nieuwe dubbele bindingen gevormd. Er is sprake van zelfmetathese wanneer als beginstof slechts één soort koolstofverbinding reageert. Het proces van zelfmetathese hieronder schematisch weergegeven. R1 en R2 stellen verschillende restgroepen voor.



Bij de zelfmetathese van oliezuur (Binas-tabel 67G2 of ScienceData-tabel 13.2g) ontstaat octadec-9-eendizuur (zie onderstaande figuur) en één andere stof (stof X).

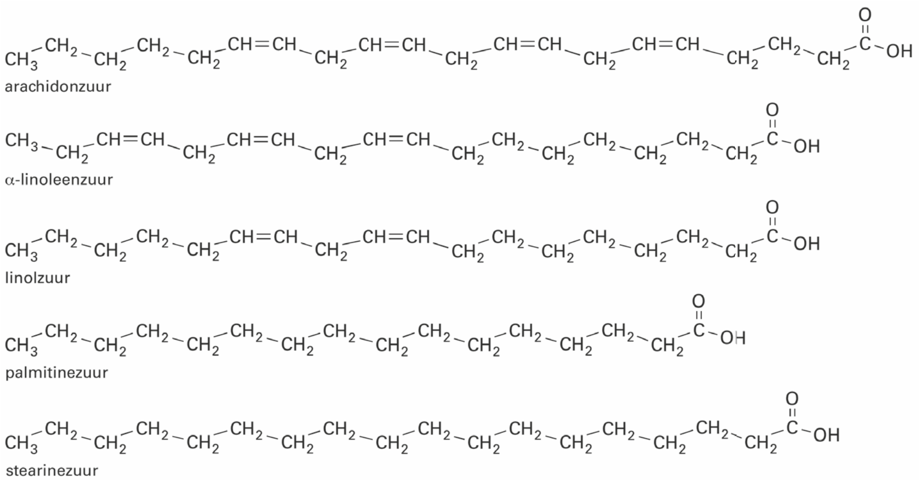


2p **13** Geef de structuurformule van stof X, die ontstaat bij de zelfmetathese van oliezuur.

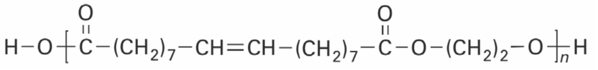
Ook uit andere vetzuren kan, door zelfmetathese, octadec-9-eendizuur ontstaan. In de bijlage bij vraag 14 zijn de structuurformules van een aantal vetzuren weergegeven.

2p **14** Omcirkel in de bijlage de dubbele C=C bindingen die worden verbroken wanneer uit de gegeven vetzuren, via zelfmetathese, octadec-9-eendizuur wordt gevormd.

bijlage bij vraag 14



Octadec-9-eendizuur is een hoogwaardig tussenproduct in de polymeerindustrie. Het kan bijvoorbeeld via polycondensatie reageren tot het copolymeer dat hieronder is weergegeven. Dit copolymeer speelt een belangrijke rol bij de productie van bijvoorbeeld polyurethanen, die onder meer worden gebruikt in autolakken.



2p **15** Geef de structuurformule van de verbinding die met octadec-9-eendizuur bovenstaand copolymeer geeft.

In de tekst aan het begin van deze opgave wordt een aantal aspecten van het productieproces bij Croda genoemd die vergeleken kunnen worden met de uitgangspunten van de groene chemie.

2p **16** Noem twee van dergelijke aspecten uit deze tekst met het corresponderende regelnummer, en vermeld het bijbehorende uitgangspunt van de groene chemie. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6. Noteer je antwoord als volgt:

- aspect 1 uit tekst : …
  regelnummer: …
  uitgangspunt groene chemie: …
- aspect 2 uit tekst : …
  regelnummer: …
  uitgangspunt groene chemie: …

Koele kauwgom

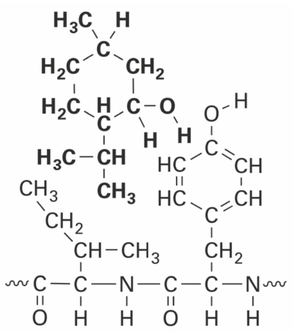
Even lekker een kauwgompje kauwen voor een frisse adem. Maar wat maakt kauwgom nou zo lekker fris? Esther onderzoekt de verfrissende werking van haar favoriete kauwgom ‘Xylifresh menthol ice’. Ze denkt dat menthol zorgt voor een frisse adem. Op de verpakking leest zij de volgende informatie:

SUGAR FREE GUM, GEZOET MET ZOETSTOFFEN.
INGREDIENTEN: ZOETSTOFFEN (XYLITOL 63%, ASPARTAAM 0,1%), GOMBASIS, AROMA’S, DICALCIUMFOSFAAT 1,3%, STABILISATOR (GLYCEROL), KLEURSTOFFEN (E141, E171), GLANSMIDDEL, GROENE THEE EXTRACT 0,1%

Op internet ontdekt ze dat menthol een natuurlijke aromatische stof is, die inderdaad bijdraagt aan het verkoelende effect. Dit komt doordat in onze zintuigcellen een eiwit (TRPM8) aanwezig is dat reageert op verandering in temperatuur en waarschuwt voor kou. Merkwaardig genoeg kan niet alleen kou, maar ook menthol dit eiwit activeren. Een mentholmolecuul past namelijk precies in een holte van TRPM8. De hersenen verwerken dit als een signaal voor kou.

In figuur 1 is in structuurformules weergegeven hoe een mentholmolecuul (vet gedrukt) in de holte van TRPM8 past.

figuur 1



2p **17** Geef, met behulp van Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7c, de 3-lettersymbolen van de aminozuureenheden die aanwezig zijn in het hierboven weergegeven deel van TRPM8.

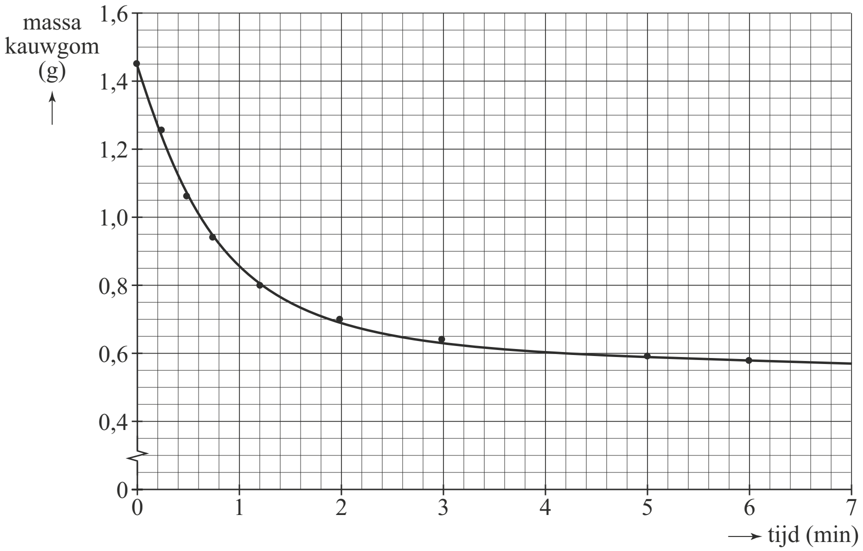
2p **18** Licht toe aan de hand van figuur 1 en de begrippen hydrofoob en hydrofiel waarom menthol zich bij voorkeur niet in water, maar in de holte van TRPM8 bevindt.

Vervolgens ontdekt Esther dat het eigenlijk vooral het hoofdbestanddeel van de kauwgom, xylitol, is dat zorgt voor verkoeling. Deze zoetstof is goed oplosbaar in water (speeksel). Voor het oplossen van xylitol is energie nodig.

1p **19** Verklaar waardoor het oplossen van xylitol in speeksel zorgt voor een verkoelend effect in de mond.

Esther merkt dat het verkoelende effect maar enkele minuten duurt. Ze vraagt zich af of de xylitol zo snel uit de kauwgom weg is. Om dit te onderzoeken weegt ze een kauwgompje (1,45 gram), doet het in haar mond en kauwt goed. Om de zoveel tijd haalt ze het kauwgompje uit haar mond, droogt het af en weegt het opnieuw. Haar resultaten zijn weergegeven in figuur 2.

figuur 2



Na vijf minuten is ruim 90% van de xylitol uit het kauwgompje verdwenen.

2p **20** Laat dit door middel van een berekening zien.
- Maak gebruik van de massapercentages in de gegeven informatie op de verpakking.
- Neem aan dat xylitol de enige stof is die oplost in het speeksel.
- Lees figuur 2 af in twee decimalen.

3p **21** Bereken hoeveel °C de temperatuur van het speeksel met opgelost xylitol (‘speekselmengsel’) na één minuut is gedaald.
Maak gebruik van figuur 2 en neem aan dat:
- voor het oplossen 153 J per gram xylitol nodig is;
- xylitol gedurende de eerste minuut oplost tot 3 g speekselmengsel;
- bij het afkoelen van 1 g speekselmengsel 4,2 J per °C vrijkomt.

Honing

Honing wordt door bijen gemaakt uit nectar, een suikerrijke vloeistof uit bloemen. Nectar bevat behalve water onder andere sacharose, glucose en fructose.
Bijen zetten deze nectar met behulp van enzymen om tot honing, waarbij het massapercentage suikers (koolhydraten) toeneemt. Daarbij wordt de sacharose grotendeels omgezet tot glucose en fructose. Deze reactie is een hydrolyse.

2p **22** Leg uit dat door de hydrolyse van sacharose het massapercentage suikers toeneemt.

Honing heeft een antibacteriële werking. Wanneer op de huid rond een wondje een beetje honing wordt gesmeerd, remt dit de bacteriegroei rond de wond. Door de hoge concentratie suikers drogen de bacteriën uit. Een andere oorzaak van deze ontsmettende werking kan worden verklaard met de aanwezigheid van het enzym glucose-oxidase in honing. In matig verdunde en enigszins zure honing wordt dit enzym actief. Glucose-oxidase zet glucose met behulp van zuurstof en water om tot gluconzuur ($C_6H_{12}O_7$) en waterstofperoxide. Hierbij is zuurstof de oxidator.
Het gevormde waterstofperoxide remt de groei van bacteriën.

2p **23** Geef de totale vergelijking van de reactie waarbij glucose met behulp van zuurstof en water wordt omgezet tot gluconzuur en waterstofperoxide.

2p **24** Geef de vergelijking van de halfreactie van de oxidator. Maak gebruik van Binas-tabel 48 of ScienceData-tabel 9.1f.

De bovenstaande oorzaken zijn echter onvoldoende om de ontsmettende werking van honing volledig te verklaren. Bij een onderzoek werd in een bepaald soort honing het eiwit 'defensine 1' ontdekt. Bijen gebruiken defensine 1 in hun afweersysteem. Defensine 1 is in de lichtzure honing (pH = 4) positief geladen. De zijgroepen van bepaalde aminozuren in het eiwit hebben dan een positieve lading. Deze positieve lading is noodzakelijk voor de antibacteriële werking van het eiwit. Schematisch kan het ontstaan van de positieve lading als volgt worden weergegeven:

$$\text{Def1} - NH_2 + H^+ \rightarrow \text{Def1} - NH_3^+$$

Hieronder is de aminozuurvolgorde in een fragment van dit eiwit weergegeven:

~ Leu – Leu – Ser – Phe – Lys – Gly ~

2p **25** Geef het 3-lettersymbool van het aminozuur in bovenstaand fragment dat deze positieve lading zou kunnen krijgen.
- Gebruik Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7c.
- Licht je antwoord toe.

2p **26** Leg uit waardoor er minder positieve lading aanwezig is in basisch milieu (pH groter dan 7).

Honing zal na verloop van tijd kristalliseren. Door de honing voorzichtig te verwarmen kan de honing weer kristalvrij worden gemaakt. Wanneer de honing echter enige tijd boven 40 °C is verwarmd, blijkt een groot deel van de antibacteriële activiteit, ook na afkoelen, verloren te zijn gegaan.

2p **27** Geef aan de hand van de informatie uit deze opgave twee mogelijke verklaringen voor deze afname van de antibacteriële activiteit.

Beitsen en verzinken

IJzeren voorwerpen kunnen tegen corrosie worden beschermd door ze te 'verzinken'. Deze voorwerpen worden eerst enige tijd in een bad met 'beitszuur' gehangen om reeds aanwezig roest ($Fe_2O_3.3H_2O$) te verwijderen. Beitszuur is zoutzuur dat ongeveer 50 gram opgelost HCl per liter bevat. Daarbij treedt een reactie op die hieronder onvolledig is weergegeven:

$$Fe_2O_3.3H_2O + \ldots H^+ \rightarrow \ldots Fe^{3+} + \ldots H_2O$$

2p **28** Bereken de pH van beitszuur dat 50 gram (opgelost) HCl per liter bevat.

1p **29** Neem de onvolledige reactievergelijking over, en maak deze kloppend door de drie ontbrekende coëfficiënten in te vullen.

Na het beitsen worden de ijzeren voorwerpen in een bad met vloeibaar zink gedompeld. Hierdoor wordt een laagje ijzer-zinklegering gevormd op het voorwerp.

2p **30** Beschrijf op microniveau de roosteropbouw van een ijzer-zinklegering. Verwerk in je antwoord het type binding tussen de deeltjes.

Op een website over thermisch verzinken wordt vermeld dat de temperatuur van het zink in het bad ongeveer 400 °C moet zijn. Piet merkt op dat dat niet juist kan zijn en zegt: 'Een temperatuur van 400 °C is niet hoog genoeg.'

2p **31** Geef aan of Piet gelijk heeft. Motiveer je antwoord met een gegeven uit Binas of ScienceData.

De voorwerpen worden met behulp van gereedschappen uit het beitsbad gehaald en in het zinkbad gedompeld. Het beitsbad raakt daardoor verontreinigd. Hierbij ontstaan $ZnCl_4^{2-}$ ionen. Wanneer deze ionen niet verwijderd worden, moet het verontreinigde zuur uit het beitsbad worden afgevoerd als chemisch afval. Daarom wordt het verontreinigde afvalzuur door een zogenoemde selectieve ionenwisselaar geleid. De $ZnCl_4^{2-}$ ionen worden in de ionenwisselaar gebonden. Voor elk $ZnCl_4^{2-}$ ion dat wordt gebonden, komen twee OH^- ionen vrij.

2p **32** Leg uit of de pH van het afvalzuur als gevolg van de ionenwisseling hoger of lager wordt.

Het proces dat hiervoor is beschreven, kan vereenvoudigd worden weergegeven met een blokschema. Dit blokschema bevat drie blokken en vijf stofstromen:
- bad met beitszuur
- bad met zink
- ionenwisselaar

A: afvalzuur zonder $ZnCl_4^{2-}$ ionen
B: afvalzuur met $ZnCl_4^{2-}$ ionen
C: ijzeren voorwerpen met roest
D: ijzeren voorwerpen zonder roest
E: verzinkte ijzeren voorwerpen

3p **33** Teken dit blokschema. Zet bij elke stofstroom de juiste letter (A tot en met E) uit de bovenstaande opsomming. Noteer ook de juiste aanduiding in de blokken.

Het afvalzuur waaruit de $ZnCl_4^{2-}$ ionen zijn verwijderd, kan worden gebruikt voor de productie van ijzer(III)chloridesulfaat ($FeClSO_4$).

3p **34** Bereken hoeveel kg $FeClSO_4$ kan worden geproduceerd uit 10 ton (1 ton = 10^3 kg) afvalzuur dat 8,0 massaprocent Fe^{3+} bevat. Ga ervan uit dat alle Fe^{3+} wordt omgezet tot $FeClSO_4$.

Piet vraagt zich af of de in deze opgave beschreven methode waarmee met het afvalzuur wordt omgegaan in overeenstemming is met het cradle-to-cradle-principe. Hij vindt op www.duurzaamheid.nl dat de cradle-to-cradle-ontwerpstrategie 'ervan uitgaat dat alle materialen een voortdurende en blijvende waarde houden en steeds weer in gesloten kringlopen van productie, gebruik en recycling kunnen worden opgenomen.'

2p **35** Formuleer twee van de vragen waarop Piet antwoord nodig heeft om te kunnen beoordelen of de beschreven methode past binnen het cradle-to-cradle-principe.

$FeClSO_4$ wordt gebruikt in de afvalwaterzuivering om fosfaationen te verwijderen. De ijzer(III)ionen uit het ijzer(III)chloridesulfaat reageren met de fosfaationen, waarna het fosfaathoudende reactieproduct uit het afvalwater kan worden verwijderd. Het gezuiverde afvalwater wordt uiteindelijk op het oppervlaktewater geloosd.

2p **36** Geef aan met welke scheidingsmethode het fosfaathoudende reactieproduct uit het afvalwater kan worden verwijderd. Licht je antwoord toe aan de hand van Binas-tabel 45A of ScienceData-tabel 8.4d.

1p **37** Geef aan waarom het ongewenst is als fosfaationen (overvloedig) in het oppervlaktewater terechtkomen.

Hints bij examen 2019-II[1)]

1 Waterstofbruggen ontstaan niet tussen H atomen.

2 Wat verandert er aan de structuurformule van ATP als het ADP wordt?

3 Je doet twee aparte berekeningen. De uitkomst is nagenoeg hetzelfde.

5 Bepaal de molecuulformule van glutaminezuur en haal daar CO_2 van af.

6 De vormingswarmte van niet-ontleedbare stoffen, zoals Fe en O_2, is nul.

9 Een ijzeratoom bevat evenveel protonen als elektronen. Zie Binas 99.

10 Er wordt een formule van een zout gevraagd, dus met positieve en negatieve ionen.

11 Hoeveel H atomen zitten er aan elk C atoom in een verzadigde keten? En op het uiteinde?

12 Zie Binas 67G1.

13 Teken twee oliezuurmoleculen boven elkaar en voer metathese uit. Figuur 2 laat het rechter gedeelte zien. Gevraagd is het linker gedeelte.

14 Bepaal voor elk van de C=C bindingen wat er overblijft als die verbroken worden. Bij welke C=C binding is dat octadec-9-eendizuur?

15 Het copolymeer is een polyester. Uit welke twee soorten stoffen vorm je een ester?

16 Lees eerst de uitgangspunten van de groene chemie (Binas 97F) en daarna nog eens de tekst.

17 Het onderste molecuul in figuur 1, met de peptidebindingen, is TRPM8.

18 Een mentholmolecuul bevat veel C–C en C–H bindingen. Wat betekent dat voor de oplosbaarheid?

20 Bepaal de afname in de eerste vijf minuten.

21 Bepaal de afname in de eerste minuut en reken die om naar joule.

22 Waarmee reageert sacharose bij een hydrolyse?

23 Als je de juiste formules gebruikt, is de reactievergelijking meteen kloppend.

24 Waterstofperoxide moet na de pijl staan.

25 Welk aminozuur heeft een basische groep in de zijketen?

26 In je antwoord moet een reactie van een zuur met een base voorkomen.

27 Welke stoffen zijn voor hun werking temperatuurgevoelig?

28 1 mol HCl per liter bevat 1 mol H^+ per liter. Hoeveel mol HCl is er hier?

30 Uit welk soort deeltjes (microniveau) bestaat een legering?

31 Zink moet gesmolten zijn.

32 Waarmee zullen de vrijgekomen OH^- ionen gaan reageren?

33 In het bad met beitszuur vindt een scheiding plaats.

34 Met 1 kmol Fe^{3+} kan 1 kmol $FeClSO_4$ worden geproduceerd.

35 Denk aan de stoffen die ontstaan en/of overblijven.

36 Het fosfaathoudende reactieproduct is $FePO_4$.

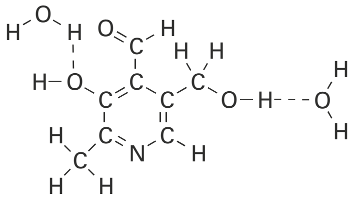
1) Voor de eenpuntsvragen 4, 7, 8, 19, 29 en 37 zijn er geen hints.

© ThiemeMeulenhoff

Uitwerkingen bij examen 2019-II

Vitamine B6

2p **1** *Mogelijk antwoord:*



structuurformule twee watermoleculen en één H brug [1p], tweede H brug [1p]

2p **2** Bij de omzetting van ATP naar ADP komen per molecuul een H atoom, een P atoom en drie O atomen vrij. [1p] Dat zijn precies de atomen die PLP per molecuul meer heeft dan PL. Dus PLP is het reactieproduct. [1p]

2p **3** 100 g banaan bevat 0,291 mg B6 (gegeven).

Een banaan van 147 g bevat dus $\frac{147}{100} \cdot 0{,}291$ mg = 0,428 mg B6. [1p]

De ADH van B6 is 1,5 mg (gegeven). 28% daarvan is 0,28 · 1,5 mg = 0,42 mg B6. [1p]
Deze waarden komen nagenoeg overeen.

1p **4** selectiviteit / specificiteit
Elk substraat wordt omgezet of gevormd met een 'eigen' enzym.

2p **5** $C_5H_9NO_4 \rightarrow C_4H_9NO_2 + CO_2$
formule voor de pijl [1p], formules na de pijl [1p]

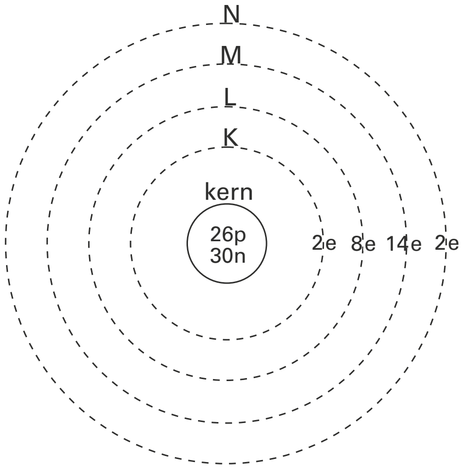
Sterretjes

2p **6** De reactiewarmte is in dit geval gelijk aan de vormingswarmte van Fe_2O_3 dus $-8{,}24 \cdot 10^5$ J per mol (Binas 57A). [1p]
De reactiewarmte van deze reactie is negatief en de reactie is dus exotherm. [1p]
De beginstoffen voor meting van vormingswarmten zijn de niet-ontleedbare stoffen.

1p **7** De vonkenregen stopt snel doordat de benodigde zuurstof in de fles beperkt is.

1p **8** Er is bariumnitraat aanwezig dat de benodigde zuurstof levert.
Zie de reactievergelijking in de opgave.

4p **9**



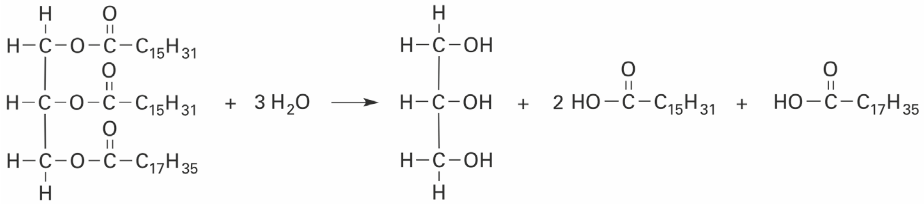
Het massagetal, hier 56, is het aantal deeltjes (protonen plus neutronen) in de kern.
26 protonen [1p], 30 neutronen [1p], 2 e^- in K, 14 e^- in M en 2 e^- in N [1p], 8 e^- in L [1p]

2p **10** Li_2CO_3 *of* $CaCO_3$
Volgens tabel 65A geven ook lithium- en calciumzouten een rode vlam.
formule met Li of Ca [1p], juiste verhoudingsformule [1p]

Croda

2p **11** Een verzadigde keten met 17 C atomen kan worden weergegeven als $(CH_2)_{17}H$ en heeft dus 35 H atomen. [1p] Er moet dus een C=C binding aanwezig zijn, want de gegeven structuur heeft twee waterstofatomen minder dan een verzadigde C17-keten. [1p]

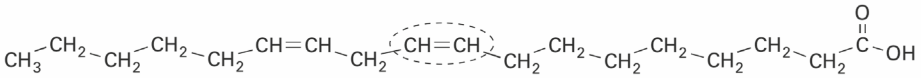
3p **12**



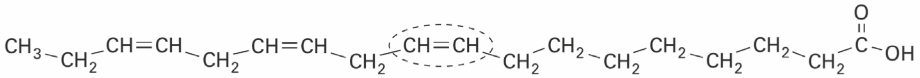
formules voor de pijl [1p], formules na de pijl [1p], kloppend gemaakt [1p]

2p **13** $H_3C-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-CH_3$

Het deel van het molecuul links van de C=C binding in oliezuur wordt bij metathese via een dubbele binding verbonden aan een identiek stuk van een ander oliezuurmolecuul.
18 C atomen met één C=C [1p], C=C op juiste plaats en rest van de formule juist [1p]

2p **14** 

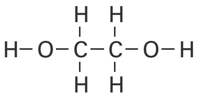
linolzuur



α-linoleenzuur

Om octadec-9-eendizuur te vormen moeten rechts van de gevraagde C=C binding nog acht C atomen en de zuurgroep gebonden zijn.
juiste C=C in linolzuur [1p], juiste C=C in α-linoleenzuur [1p]

2p **15** *Mogelijke manieren van weergeven:*



$HO-CH_2-CH_2-OH$

Het copolymeer is onder andere gevormd uit een dizuur. Omdat het een polyester is, moet het andere monomeer een diol zijn.
C-C met OH [1p], tweede OH aan tweede C en voldoet aan $C_2H_6O_2$ [1p]

2p **16** *Mogelijke antwoorden (geef er twee):*
- aspect uit tekst: Croda ontwikkelde een uniek katalytisch proces.
  regelnummer: 5
  uitgangspunt groene chemie: katalyse
- aspect uit tekst: er worden vetzuren uit natuurlijke oliën gehaald.
  regelnummer: 9
  uitgangspunt groene chemie: gebruik van hernieuwbare grondstoffen
- aspect uit tekst: er worden vetzuren uit reststromen gehaald.
  regelnummer: 9
  uitgangspunt groene chemie: preventie
- aspect uit tekst: met behulp van een katalysator
  regelnummer: 11
  uitgangspunt groene chemie: katalyse
- aspect uit tekst: de katalysator wordt teruggewonnen.
  regelnummer: 11/12
  uitgangspunt groene chemie: preventie
- aspect uit tekst: er wordt gebruikgemaakt van een energiezuinig proces.
  regelnummer: 12
  uitgangspunt groene chemie: energie-efficiënt ontwerpen

Koele kauwgom

2p **17** Ile en Tyr

2p **18** Menthol en TRPM8 zijn vanwege de grote koolwaterstofdelen voornamelijk hydrofoob. Water is hydrofiel. [1p] Hydrofobe delen mengen niet met hydrofiele delen, dus ook niet met water. [1p]
Dit is het principe van 'soort-zoekt-soort'.

1p **19** De energie die nodig is voor het oplossen van xylitol, wordt onttrokken aan het speeksel en zorgt daarvoor voor verkoeling in de mond.

2p **20** De grafiek begint bij 1,45 g. Na 5 minuten weegt de kauwgom 0,59 g.
Er is 1,45 – 0,59 = 0,86 g xylitol opgelost. [1p] De kauwgom bevat 63% xylitol (verpakking). Een kauwgom van 1,45 g bevat dus 0,63 · 1,45 g = 0,914 g xylitol.
Er is $\frac{0{,}86}{0{,}914}$ · 100% = 94% xylitol uit de kauwgom verdwenen. [1p]

3p **21** Na één minuut is de massa van de kauwgom 0,86 g. Er is dus 1,45 – 0,86 = 0,59 g xylitol opgelost. [1p] Om 1,0 g xylitol op te lossen is 153 J nodig. Om 0,59 g xylitol op te lossen is dus 0,59 g · 153 $J\,g^{-1}$ = 90,3 J nodig. [1p]
Bij het afkoelen van 1 g speeksel komt 4,2 J per °C vrij. Bij het afkoelen van 3 g speeksel komt dus 3 · 4,2 = 12,6 J per °C vrij.
Bij het leveren van de benodigde 90,3 J daalt de temperatuur met $\frac{90{,}3\ J}{12{,}6\ J\ °C^{-1}}$ = 7 °C. [1p]
De significantie werd bij deze opgave niet beoordeeld.

Honing

2p **22** Bij hydrolyse van sacharose reageert de stof met water. De atomen van water worden daarbij opgenomen. [1p]
De reactieproducten zijn dus samen zwaarder dan de beginstof sacharose. [1p]

2p **23** $C_6H_{12}O_6 + H_2O + O_2 \rightarrow C_6H_{12}O_7 + H_2O_2$
formules voor de pijl [1p], formules na de pijl [1p]

2p **24** $O_2 + 2\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow H_2O_2$
Deze reactie is (door toedoen van het enzym) ongewoon. Volgens Binas 48 zou je de vorming van water verwachten, niet die van waterstofperoxide.
O_2, H^+ en H_2O_2 vermeld [1p], kloppend gemaakt [1p]

2p **25** Het gevraagde aminozuur is Lys [1p] want dit aminozuur heeft een vrije NH_2 groep die H^+ opneemt bij lage pH en daardoor een NH_3^+ groep wordt. [1p]

2p **26** *Mogelijke antwoorden:*
- In basisch milieu is er weinig H^+, [1p] zodat er geen Def1-NH_3^+ gevormd kan worden / alle Def1 als Def1-NH_2 aanwezig is. [1p]
- Bij een pH hoger dan 7 zal de aanwezige OH^- [1p] reageren met Def1-NH_3^+ tot Def1-NH_2. [1p]

2p **27** *Mogelijke antwoorden:*
- Het eiwit defensine 1 verliest zijn functie / denatureert.
- Het enzym glucose-oxidase verliest zijn functie / denatureert.
- Er verdampt water bij verwarmen. Daardoor wordt glucose-oxidase inactief en ontstaat dus geen waterstofperoxide.
- Bij verwarmen ontleedt H_2O_2 waardoor bacteriegroei niet of minder wordt geremd.

Beitsen en verzinken

2p **28** 1 mol HCl heeft een massa van 36,461 g (Binas 98). 50 g HCl per L komt dus overeen met $\frac{50\ g}{36{,}461\ g\ mol^{-1}}$ = 1,4 mol HCl per L. 1 mol HCl levert 1 mol $H^+ \Rightarrow [H^+]$ = 1,4 mol L^{-1}. [1p]
pH = –log $[H^+]$ = –log 1,4 = –0,15 (2 decimalen). [1p]
Het aantal decimalen van de pH-waarde is gelijk aan het aantal significante cijfers van $[H^+]$.

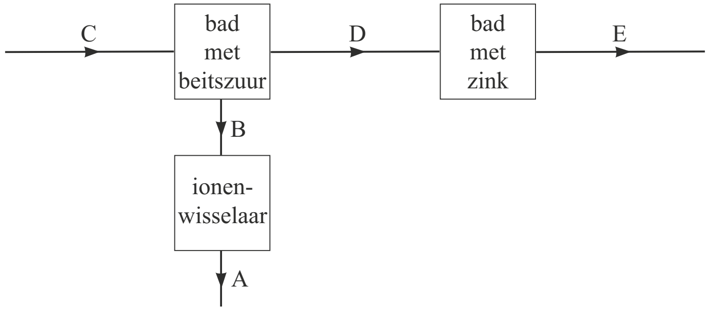
1p **29** $Fe_2O_3.3H_2O + 6\ H^+ \rightarrow 2\ Fe^{3+} + 6\ H_2O$

2p **30** De zinkatomen en de ijzeratomen zijn door elkaar in een metaalrooster aanwezig. [1p]
Zij zijn door metaalbindingen / vrij bewegende elektronen aan elkaar gebonden. [1p]

2p **31** De temperatuur moet minimaal het smeltpunt van zink bereiken: 693 K = 693 – 273 = 420 °C. [1p] Piet heeft dus gelijk: 400 °C is niet hoog genoeg. [1p]

2p **32** De OH^- ionen reageren met de H^+ ionen van het zuur. [1p]
Daardoor wordt de pH hoger. [1p]

3p **33**



blokken met aanduidingen [1p], stofstromen A en B [1p], stofstromen C, D en E [1p]

3p **34** 10 ton = $10 \cdot 10^3$ kg afvalzuur. Dit bevat 8,0 massa% Fe^{3+} dus $0{,}080 \cdot 10 \cdot 10^3 = 8{,}0 \cdot 10^2$ kg Fe^{3+}. [1p] 1 *k*mol Fe^{3+} heeft een massa van 55,85 *kg* (Binas 99).

$8{,}0 \cdot 10^2$ kg komt dus overeen met $\frac{8{,}0 \cdot 10^2 \text{ kg}}{55{,}85 \text{ kg kmol}^{-1}} = 14{,}3$ kmol Fe^{3+}. [1p]

Uit 1 mol Fe^{3+} kan 1 mol $FeClSO_4$ geproduceerd worden. Uit 14,3 kmol Fe^{3+} kan dus 14,3 kmol $FeClSO_4$ geproduceerd worden. 1 *k*mol $FeClSO_4$ heeft een massa van 55,85 + 35,45 + 32,06 + 4 · 16,00 = 187,36 *kg* (Binas 99). 14,3 kmol $FeClSO_4$ heeft dus een massa van 14,3 · 187,36 kg = $2{,}7 \cdot 10^3$ kg (2 significante cijfers). [1p]

2p **35** *Mogelijke antwoorden (geef er twee):*
- Kan de ionenwisselaar volledig worden geregenereerd?
- Wat gebeurt er met de $ZnCl_4^{2-}$ ionen na het regenereren van / bij het vervangen van de ionenwisselaar?
- Is het gebruikte HCl van het beitszuur afkomstig van een duurzaam proces?

Antwoorden die geen betrekking hebben op (regenereren van) het beitszuur zijn onjuist.

2p **36** Volgens Binas 45A vormen Fe^{3+} ionen met PO_4^{3-} ionen een slecht oplosbaar zout / neerslag. [1p] Deze vaste deeltjes zijn te verwijderen door:
filtreren *of* centrifugeren / bezinken, gevolgd door afschenken. [1p]

1p **37** *Twee mogelijke formuleringen:*
- Er treedt dan eutrofiëring op.
- Het water wordt zo voedselrijk dat er overmatige algengroei optreedt.

© ThiemeMeulenhoff

Oefenen met het examen van 2021-I.
De antwoorden en uitwerkingen vind je op mijn.examenbundel.nl.

Deel 2b

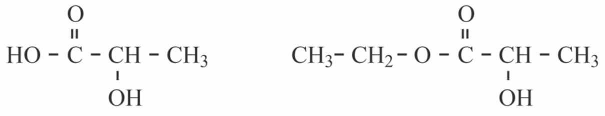
Examen zonder uitwerkingen

Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift op mijn.examenbundel.nl.

Examen 2021-I

Ethyllactaat

In de elektronica-industrie worden printplaten gemaakt. Tijdens het productieproces van deze printplaten worden hydrofobe stoffen gebruikt die later weer verwijderd moeten worden. Voor het verwijderen van deze stoffen kan ethyllactaat worden gebruikt. Ethyllactaat wordt gevormd uit melkzuur ($C_3H_6O_3$) en ethanol. Hieronder zijn de structuurformules van melkzuur en ethyllactaat weergegeven.



melkzuur ethyllactaat

Melkzuur wordt op industriële schaal gemaakt door omzetting van sachariden met behulp van micro-organismen. Een voorbeeld van zo’n sacharide is sacharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Voor de omzetting van sacharose tot melkzuur is ook water nodig.

2p **1** Geef de vergelijking in molecuulformules van de omzetting van sacharose tot melkzuur.

Ethyllactaat heeft een uitstekend reinigend vermogen. Bovendien is ethyllactaat zowel met hydrofobe stoffen als met water mengbaar. Een voorwerp dat gereinigd is met ethyllactaat, kan daarna gespoeld worden met water.

2p **2** Leg uit, aan de hand van de structuurformule, dat ethyllactaat zowel met een hydrofobe stof als met water mengbaar is.

In een fabriek kan ethyllactaat volgens een continuproces worden gemaakt uit melkzuur en ethanol. De vergelijking van deze omzetting is hieronder weergegeven.

$$C_3H_6O_3 + C_2H_6O \rightarrow C_5H_{10}O_3 + H_2O \qquad \text{(reactie 1)}$$

Op de uitwerkbijlage bij dit examen is het onvolledige blokschema van het continuproces weergegeven. In dit blokschema ontbreken enkele stofstromen en de namen van de bijbehorende stoffen.
In reactor R1 worden een ruime overmaat ethanol en een melkzuuroplossing geleid. In aanwezigheid van een katalysator wordt het reactiemengsel krachtig geroerd. Hierbij wordt een groot deel van het melkzuur omgezet tot ethyllactaat. Ook treden nevenreacties op waarbij esters ontstaan, zoals de ester van twee moleculen melkzuur.

2p **3** Geef de structuurformule van de ester van twee moleculen melkzuur.

Voortdurend wordt een deel van het reactiemengsel uit reactor R1 overgebracht naar scheidingsruimte S1. Dit reactiemengsel bestaat uit ethanol, ethyllactaat, melkzuur, water en de esters die zijn ontstaan door nevenreacties. In scheidingsruimte S1 verdampen water, ethanol en ethyllactaat.

2p **4** Geef de namen van de twee bindingstypen die worden verbroken bij het verdampen in scheidingsruimte S1.

De stoffen die niet verdampen, worden vanuit scheidingsruimte S1 teruggevoerd naar reactor R1. In reactor R1 wordt een gedeelte van de esters die zijn ontstaan door nevenreacties, omgezet tot melkzuur.
De damp uit scheidingsruimte S1 wordt naar scheidingsruimte S2 gebracht. Hier wordt ethyllactaat als vloeistof afgescheiden. In scheidingsruimte S3 worden water en ethanol gescheiden. Water wordt afgevoerd.

3p **5** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Teken de pijlen van de ontbrekende stofstromen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.
- Noteer de nummers van de onderstaande stoffen bij de juiste pijlen.
  1 ethanol
  2 ethyllactaat
  3 melkzuur
  4 esters die zijn ontstaan door nevenreacties
  5 water
- Alle nummers moeten meer dan één keer worden gebruikt.

Volgens de fabrikant kan de productie van ethyllactaat duurzaam worden genoemd. De fabrikant onderbouwt deze bewering aan de hand van de atoomeconomie van reactie 1.

2p **6** Bereken de atoomeconomie voor de vorming van ethyllactaat volgens reactie 1. Gebruik Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.
1p **7** Geef aan waarom een hoge atoomeconomie duurzaam is.

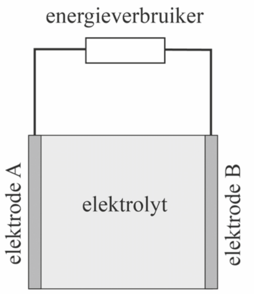
Volgens de fabrikant voldoet het proces door de hoge atoomeconomie aan uitgangspunt 2 van de groene chemie. Omdat de fabrikant plantaardige sachariden gebruikt, kan hij ook een ander uitgangspunt van de groene chemie als argument gebruiken om de productie van ethyllactaat duurzaam te noemen.

2p **8** Leg uit welk ander uitgangspunt van de groene chemie dit is.
- Gebruik Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6
- Noteer je antwoord als volgt:
  Er worden plantaardige sachariden gebruikt, dus kan de fabrikant uitgangspunt nummer … gebruiken, omdat …

Lithium-ionbatterij

In veel mobiele telefoons zit een lithium-ionbatterij. Deze batterijen zijn licht, kunnen veel energie leveren en zijn snel op te laden. Het basisontwerp van een lithium-ionbatterij is in figuur 1 schematisch weergegeven.

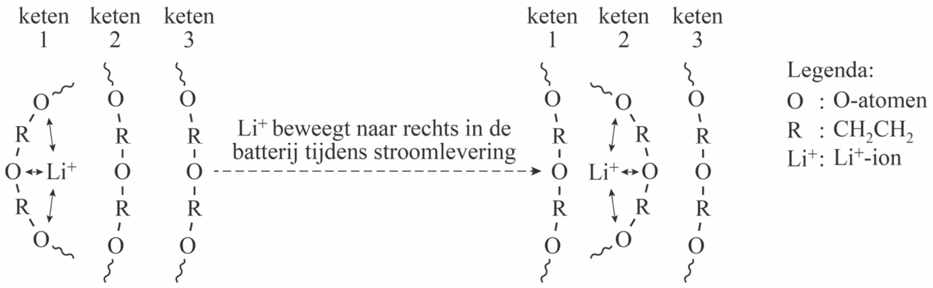
figuur 1



Elektrode A bevat onder andere het metaal lithium (Li). Elektrode B bevat Li^+-ionen. Tussen beide elektroden bevindt zich een elektrolyt, dat bestaat uit een polymeer waarin zich een vloeibaar lithiumzout bevindt.

Een veelgebruikt polymeer is PEO. De formule van PEO is $(CH_2CH_2O)_n$.
In figuur 2 is een vergroting van het elektrolyt schematisch weergegeven. Hierin is te zien hoe een Li^+-ion van polymeerketen naar polymeerketen wordt doorgegeven, doordat telkens een ander groepje O-atomen het Li^+-ion bindt. De binding komt tot stand doordat de O-atomen in PEO enigszins negatief geladen zijn. Dit is het gevolg van een polaire atoombinding tussen de C-atomen en de O-atomen in PEO. Tijdens de stroomlevering bewegen Li^+-ionen van elektrode A naar elektrode B.

figuur 2



1p **9** Leg uit of figuur 2 een weergave is op microniveau.

2p **10** Geef aan of PEO een thermoplast of een thermoharder is. Licht je antwoord toe aan de hand van een structuurkenmerk uit figuur 2.

Een docente bespreekt met haar leerlingen de elektrische geleiding in PEO. Een leerling vraagt of polyetheen ook gebruikt kan worden als elektrisch geleidend polymeer.

2p **11** Teken een fragment uit het midden van de structuurformule van polyetheen. In het getekende fragment moeten drie monomeereenheden zijn verwerkt.

2p **12** Leg uit, aan de hand van de structuurformule van polyetheen, of polyetheen Li^+-ionen kan binden.

De halfreacties die in deze batterij optreden tijdens stroomlevering zijn hieronder vereenvoudigd weergegeven:

halfreactie 1: $LiC_6 \rightarrow 6\ C + Li^+ + e^-$
halfreactie 2: $CoO_2 + Li^+ + e^- \rightarrow LiCoO_2$

2p **13** Geef aan welke halfreactie optreedt aan elektrode A en vermeld ook of dit de positieve of de negatieve elektrode is.
Noteer je antwoord als volgt:
Aan elektrode A treedt halfreactie … op. Dit is dus de … elektrode.

CoO_2 kan worden opgevat als een zout dat bestaat uit kobaltionen en oxide-ionen. $LiCoO_2$ kan worden opgevat als een zout dat bestaat uit lithiumionen, kobaltionen en oxide-ionen. Uit de formules CoO_2 en $LiCoO_2$ kan worden afgeleid dat de kobaltionen in CoO_2 en in $LiCoO_2$ niet dezelfde lading hebben.

2p **14** Geef de lading van het kobaltion in CoO_2 en van het kobaltion in $LiCoO_2$.
Noteer je antwoord als volgt:
De lading van het kobaltion in CoO_2 is …
De lading van het kobaltion in $LiCoO_2$ is …

In een bepaalde lithium-ionbatterij kan maximaal 0,053 mol elektronen worden overgedragen tussen de twee elektroden, voordat deze batterij weer opgeladen moet worden.

2p **15** Bereken hoeveel gram CoO_2 deze batterij minstens bevat. Gebruik de vergelijking van halfreactie 2.

Veel luchtvaartmaatschappijen hebben vanwege brandgevaar speciale eisen gesteld aan het vervoeren van oplaadbare lithium-ionbatterijen in het laadruim van passagiersvliegtuigen. Het polymeer PEO ontbrandt namelijk gemakkelijk. Bovendien kan de warmte die bij de verbranding vrijkomt ervoor zorgen dat ook andere batterijen ontbranden.

3p **16** Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van PEO.
De formule van PEO is $(CH_2CH_2O)_n$.

In figuur 3 staan vier energiediagrammen. In deze diagrammen behoort het linker energieniveau bij de beginstoffen en het rechter energieniveau bij de reactieproducten.

figuur 3

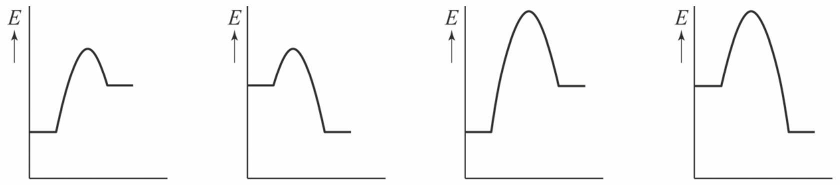


diagram a diagram b diagram c diagram d

2p **17** Leg uit welk energiediagram het best in overeenstemming is met de verbranding van het polymeer PEO. Gebruik in je antwoord informatie uit deze opgave.

Bromide in grondwater

Schaliegas is aardgas dat in gesteente diep onder het aardoppervlak is opgesloten. Om schaliegas te winnen gebruikt men een methode die fracking wordt genoemd. Hierbij wordt een mengsel van water, zand en chemicaliën onder hoge druk in het gesteente gepompt zodat hierin scheurtjes ontstaan en het schaliegas vrijkomt. Bij fracking ontstaan grote hoeveelheden afvalwater dat onder andere Br^--ionen, Cl^--ionen en I^--ionen bevat. Deze ionen zijn afkomstig van goed oplosbare zouten die in het gesteente voorkomen.

2p **18** Geef de formule van een zout dat bromide-ionen bevat en goed oplosbaar is in water. Maak gebruik van Binas-tabel 45A of ScienceData-tabel 8.4d.

Op frackinglocaties worden regelmatig monsters van het grondwater genomen. Om op de frackinglocatie snel het bromidegehalte van het grondwater te bepalen is de methode ontwikkeld die in tekstfragment 1 is beschreven.

tekstfragment 1

1. Men maakt gebruik van filtreerpapiertjes waarop eerst een oplossing van chloramine-T en de zuur-base-indicator fenolrood is aangebracht en die men daarna heeft laten drogen.
2. Een druppel grondwater wordt op zo'n filtreerpapiertje aangebracht. Eventueel wordt het grondwater eerst verdund.
3. In aanwezigheid van Br^- vinden achtereenvolgens twee reacties plaats:
   Reactie 1: Br^- wordt door een reactie met chloramine-T omgezet tot onder andere broom.
   Reactie 2: het ontstane broom reageert volledig met fenolrood tot onder andere broomfenolblauw.
4. Door beide reacties wordt het gele filtreerpapiertje enigszins blauw.
5. De afname van de gele kleur wordt gemeten met een kleurdetector.
6. Met behulp van een ijklijn wordt het bromidegehalte bepaald.

De oplossing waarin de reacties plaatsvinden, heeft een pH van 4,6. Het ontstane broomfenolblauw heeft bij deze pH een blauwe kleur.

2p **19** Bereken de $[H^+]$ in mol L^{-1} in de oplossing waarin de reacties plaatsvinden. Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

2p **20** Leg uit met behulp van tekstfragment 1 en Binas-tabel 52A of ScienceData-tabel 9.1d, dat de kleur van het filtreerpapiertje eerst geel is en dan verandert naar blauw. Noteer je antwoord als volgt:
eerst geel omdat …
verandert naar blauw doordat …

Reactie 2 is een reactie van fenolrood ($C_{19}H_{14}O_5S$) met broom. Daarbij worden per molecuul fenolrood vier H-atomen vervangen door vier Br-atomen. Bij reactie 2 ontstaan broomfenolblauw en één andere stof. Deze reactie is vergelijkbaar met de substitutiereactie van een alkaan met een halogeen en is op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven.

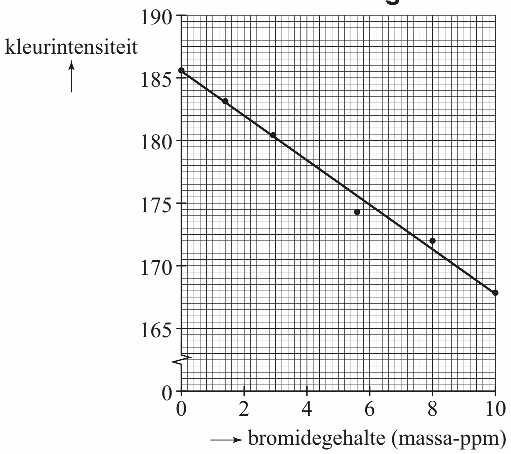
3p **21** Maak de vergelijking van reactie 2 op de uitwerkbijlage compleet. Gebruik molecuulformules.

De hoeveelheden chloramine-T en fenolrood die op het filtreerpapiertje zijn aangebracht, zijn zo gekozen dat bromidegehaltes tot maximaal 10 massa-ppm gemeten kunnen worden. Wanneer bij punt 2 een grondwatermonster met een bromidegehalte hoger dan 10 massa-ppm wordt aangebracht, zal een onjuist bromidegehalte worden gemeten.

2p **22** Leg uit of het gemeten gehalte in dat geval te hoog of te laag zal zijn.

In figuur 1 is de ijklijn weergegeven die is gemaakt met behulp van een aantal oplossingen met elk een bekend bromidegehalte. In de figuur is het bromidegehalte uitgezet tegen de kleurintensiteit. De kleurintensiteit komt overeen met een bepaalde hoeveelheid van de beginstof fenolrood, die afneemt naarmate er meer bromide aanwezig is.

figuur 1



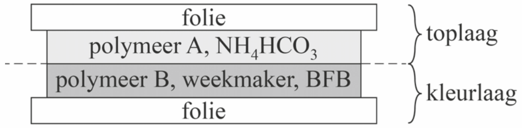
Een wetenschapper onderzoekt het bromidegehalte van een grondwatermonster. Hij voert de bepaling uit tekstfragment 1 uit. Bij punt 2 verdunt hij het grondwatermonster door in een reageerbuisje 2,00 mL grondwater met 8,00 mL gedestilleerd water te mengen. Hij meet vervolgens een kleurintensiteit van 180. Met behulp van de grafiek en de beschreven verdunning berekent hij het bromidegehalte van het grondwatermonster, in massa-ppm.

3p **23** Geef deze berekening. Lees af op één decimaal nauwkeurig en geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Groen is niet vers

Hoeveel dagen kun je een verse salade bewaren? En in hoeverre wordt de houdbaarheid beïnvloed door de temperatuur?
Een tijd-temperatuur-indicator (TTI), ontworpen door Andrew Mills, laat dit in een oogopslag zien. Deze TTI is een blauwgekleurde, temperatuurgevoelige sticker. Zolang de sticker blauw is, is de salade vers. Als de sticker naar groen of zelfs geel is verkleurd, dan is de salade bedorven. De TTI bestaat uit twee lagen (zie figuur 1). De toplaag van de sticker bestaat uit een folie waarop een mengsel van polymeer A en ammoniumwaterstofcarbonaat (NH_4HCO_3) is aangebracht. De kleurlaag bestaat uit een folie waarop een mengsel van polymeer B, een weekmaker en de indicator broomfenolblauw (BFB) is aangebracht.

figuur 1



De toplaag van de sticker houdt de TTI blauw zolang de TTI niet wordt gebruikt. Dit komt doordat in deze laag een reactie optreedt waarbij ammoniak ontstaat (reactie 1). Deze ammoniak wordt door de kleurlaag opgenomen en kleurt de indicator (BFB) blauw (reactie 2).

$NH_4HCO_3\,(s) \rightarrow NH_3(g) + CO_2(g) + H_2O(g)$ (reactie 1)

$NH_3 + BFB \rightarrow NH_3BFB$ (reactie 2)
(geel) (blauw)

Reactie 1 verloopt langzaam, waardoor een ongebruikte sticker maandenlang houdbaar blijft.

2p **24** Bereken de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol NH_4HCO_3 ($T = 298$ K en $p = p_0$).
- Gebruik Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2.
- De vormingswarmte van NH_4HCO_3 is $-8{,}45 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

Een winkelier plakt de TTI op een bakje verse salade en verwijdert de toplaag van de sticker. Daarna verkleurt de indicator geleidelijk van blauw via groen tot geel doordat het gele BFB volgens reactie 3 wordt teruggevormd. Door de kleurverandering wordt zichtbaar hoe vers het product is.

$NH_3BFB \rightarrow NH_3 + BFB$ (reactie 3)
(blauw) (geel)

De activeringsenergie van reactie 3 is ongeveer even groot als de activeringsenergie van reacties die plaatsvinden tijdens voedselbederf. Wanneer in plaats van BFB een andere indicator wordt gebruikt, die verkleurt door een reactie met een aanzienlijk hogere activeringsenergie, zou de TTI minder betrouwbaar zijn.

2p **25** Beredeneer dat een hogere activeringsenergie de TTI minder betrouwbaar maakt. Neem aan dat de overige factoren gelijk zijn.

Door het verwijderen van de toplaag kunnen de ammoniakmoleculen die bij reactie 3 ontstaan in de omgevingslucht vrijkomen. Hierdoor is er steeds minder NH_3BFB en zal de TTI steeds geler kleuren. Om vrij te kunnen komen in de omgevingslucht moeten de ammoniakmoleculen door de kleurlaag heen bewegen. Dit gaat gemakkelijker wanneer het polymeer waaruit de kleurlaag bestaat een weekmaker bevat.

2p **26** Leg uit waardoor een weekmaker ervoor zorgt dat ammoniak gemakkelijker uit de kleurlaag vrijkomt. Formuleer je antwoord op microniveau.

2p **27** Leg uit, met behulp van het botsende-deeltjesmodel, dat de TTI in de koelkast (5 °C) langzamer verkleurt dan bij kamertemperatuur (20 °C).

Uit de TTI komt een kleine hoeveelheid ammoniak vrij. Ammoniak heeft een indringende geur en een lage geurdrempel. De geurdrempel is de laagste concentratie van een gasvormige stof in lucht die waarneembaar is voor de mens. Toch zal de lucht in een koelkast volgens Andrew Mills niet naar ammoniak gaan ruiken, zelfs niet als een koelkast veel TTI's bevat.

3p **28** Bereken hoeveel TTI's in een bepaalde koelkast aanwezig kunnen zijn voordat de geurdrempel overschreden wordt.
Ga bij de berekening uit van de volgende gegevens:
- Per TTI komt maximaal $9{,}2 \cdot 10^{-8}$ mol ammoniak vrij.
- De geurdrempel van ammoniak is 3,7 mg m^{-3}.
- De koelkast heeft een inhoud van 183 L.

Eiwitvertering

Voedsel bevat de voedingsstoffen die het lichaam nodig heeft. Deze voedingsstoffen kunnen op basis van de chemische structuur in drie groepen worden ingedeeld. De eiwitten vormen een van deze groepen.

2p **29** Geef de namen van de twee andere groepen voedingsstoffen.

Tijdens het eten belandt voedsel via de mond in de maag. De vloeistof in de maag is zuur, doordat bepaalde cellen van de maagwand zoutzuur afgeven. Dit zoutzuur kan worden opgevat als een oplossing die 5,8 g HCl per liter bevat.

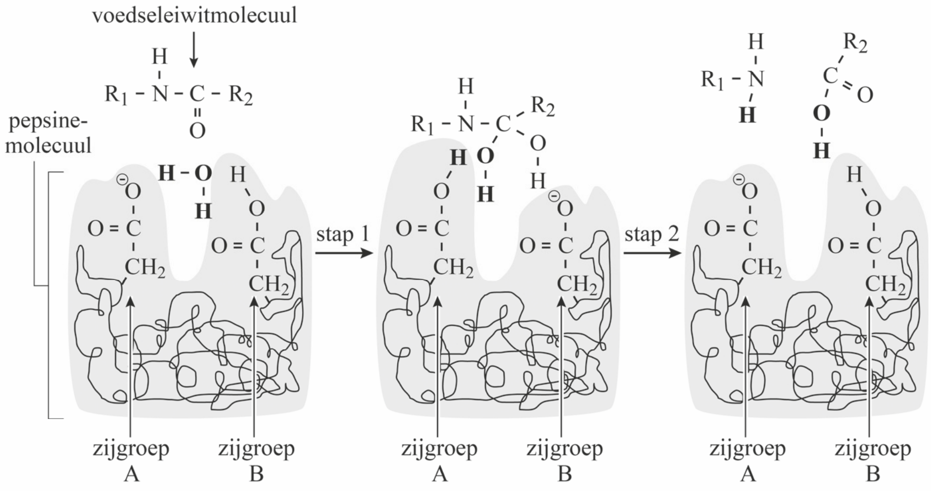
2p **30** Bereken de pH van een oplossing die 5,8 g HCl per liter bevat.

De zure maagvloeistof bevat ook het enzym pepsine. Pepsine is een eiwit dat de afbraak van voedseleiwitten versnelt. Bij deze afbraak wordt steeds een binding tussen twee aminozuureenheden in de keten van een voedseleiwitmolecuul verbroken.

2p **31** Geef de naam van de karakteristieke groep waarvan de binding wordt verbroken, en geef de naam van het reactietype dat daarbij optreedt.
Noteer je antwoord als volgt:
naam karakteristieke groep: …
naam reactietype: …

Het verbreken van deze bindingen is een proces dat in 2 stappen verloopt. Dit proces is vereenvoudigd weergegeven in figuur 1. In figuur 1 zijn ook twee zijgroepen van het pepsinemolecuul weergegeven. Zijgroep A is geïoniseerd doordat deze een H^+-ion heeft afgestaan.

figuur 1



2p **32** Geef aan bij welke stap in figuur 1 zijgroep A optreedt als base.
Licht je antwoord toe.

Zowel uit de tekst van deze opgave als uit figuur 1 blijkt dat pepsine een enzym is.

2p **33** Licht toe, aan de hand van een kenmerk dat is gegeven in de tekst van deze opgave en een kenmerk dat is af te leiden uit figuur 1, dat pepsine een enzym is.
Noteer je antwoord als volgt:
kenmerk gegeven in de tekst: …
kenmerk afgeleid uit figuur 1: …

Hieronder is een fragment weergegeven van de primaire structuur van een eiwitmolecuul dat in voedsel kan voorkomen.

~Cys-Phe-Asp-Val-Phe-Lys-Glu~

Dit fragment kan met behulp van een pepsinemolecuul worden afgebroken tot onder meer het onderstaande molecuul.

Phe-Asp-Val

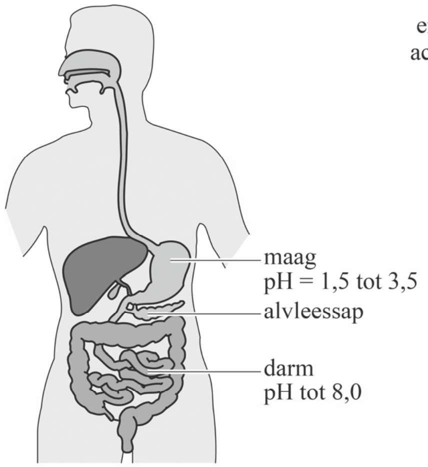
3p **34** Geef de structuurformule van dit molecuul. Gebruik Binas-tabel 67H of ScienceData-tabel 13.7c.

Pepsinemoleculen kunnen niet tussen alle aminozuureenheden bindingen verbreken, maar wel:
- de binding tussen twee aminozuureenheden met beide een hydrofobe zijgroep,
- de binding tussen een aminozuureenheid met een hydrofobe zijgroep en een aminozuureenheid met een zwavelbevattende zijgroep.

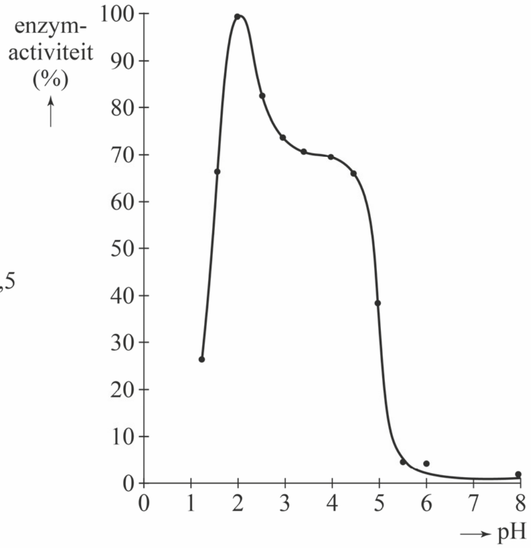
2p **35** Leg uit of verwacht mag worden dat een pepsinemolecuul de binding tussen de aminozuureenheden Lys en Glu kan verbreken. Geef je antwoord aan de hand van bovenstaande informatie en de structuurformules in Binas-tabel 67H of ScienceData-tabel 13.7c.

Na verloop van tijd belandt het deels verteerde voedsel vanuit de maag in de darm. Hier wordt het alvleessap toegevoegd (figuur 2), waardoor de pH in de darm anders is dan die in de maag. Door deze pH-verandering verandert de activiteit van pepsine. Dit is weergegeven in figuur 3.

figuur 2



figuur 3

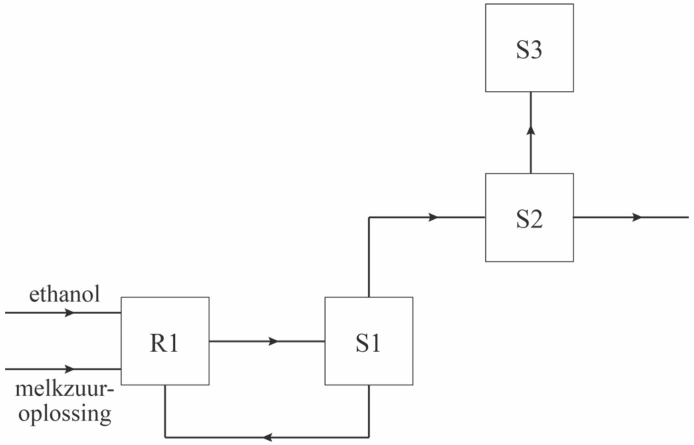


2p **36** Geef, aan de hand van de samenstelling van het alvleessap, de naam van het deeltje dat de pH-verandering veroorzaakt. Maak gebruik van Binas-tabel 82F of ScienceData-tabel 22.7.

2p **37** Leg uit, aan de hand van figuur 2 en figuur 3, of de activiteit van pepsine hoger of lager wordt wanneer het alvleessap wordt toegevoegd.

Uitwerkbijlage bij de vragen 5 en 21

5



21

$C_{19}H_{14}O_5S$ + … → … + …

Bijlagen

Cijferbepaling

2016-I

punten	cijfer	punten	cijfer
0	**1,0**	46	**7,1**
1	**1,2**	47	**7,2**
2	**1,5**	48	**7,3**
3	**1,7**	49	**7,4**
4	**1,9**	50	**7,5**
5	**2,2**	51	**7,7**
6	**2,4**	52	**7,8**
7	**2,5**	53	**7,9**
8	**2,6**	54	**8,0**
9	**2,8**	55	**8,1**
10	**2,9**	56	**8,2**
11	**3,0**	57	**8,4**
12	**3,1**	58	**8,5**
13	**3,2**	59	**8,6**
14	**3,3**	60	**8,7**
15	**3,5**	61	**8,8**
16	**3,6**	62	**8,9**
17	**3,7**	63	**9,1**
18	**3,8**	64	**9,2**
19	**3,9**	65	**9,3**
20	**4,0**	66	**9,4**
21	**4,2**	67	**9,4**
22	**4,3**	68	**9,5**
23	**4,4**	69	**9,5**
24	**4,5**	70	**9,6**
25	**4,6**	71	**9,6**
26	**4,7**	72	**9,7**
27	**4,9**	73	**9,8**
28	**5,0**	74	**9,8**
29	**5,1**	75	**9,9**
30	**5,2**	76	**9,9**
31	**5,3**	77	**10,0**
32	**5,4**		
33	**5,6**		
34	**5,7**		
35	**5,8**		
36	**5,9**		
37	**6,0**		
38	**6,1**		
39	**6,3**		
40	**6,4**		
41	**6,5**		
42	**6,6**		
43	**6,7**		
44	**6,8**		
45	**7,0**		

2016-II

punten	cijfer	punten	cijfer
0	**1,0**	46	**6,9**
1	**1,2**	47	**7,1**
2	**1,5**	48	**7,2**
3	**1,7**	49	**7,3**
4	**1,9**	50	**7,4**
5	**2,1**	51	**7,5**
6	**2,4**	52	**7,6**
7	**2,5**	53	**7,7**
8	**2,6**	54	**7,9**
9	**2,7**	55	**8,0**
10	**2,8**	56	**8,1**
11	**3,0**	57	**8,2**
12	**3,1**	58	**8,3**
13	**3,2**	59	**8,4**
14	**3,3**	60	**8,5**
15	**3,4**	61	**8,6**
16	**3,5**	62	**8,8**
17	**3,6**	63	**8,9**
18	**3,8**	64	**9,0**
19	**3,9**	65	**9,1**
20	**4,0**	66	**9,2**
21	**4,1**	67	**9,3**
22	**4,2**	68	**9,4**
23	**4,3**	69	**9,4**
24	**4,4**	70	**9,5**
25	**4,5**	71	**9,5**
26	**4,7**	72	**9,6**
27	**4,8**	73	**9,7**
28	**4,9**	74	**9,7**
29	**5,0**	75	**9,8**
30	**5,1**	76	**9,8**
31	**5,2**	77	**9,9**
32	**5,3**	78	**9,9**
33	**5,5**	79	**10,0**
34	**5,6**		
35	**5,7**		
36	**5,8**		
37	**5,9**		
38	**6,0**		
39	**6,1**		
40	**6,3**		
41	**6,4**		
42	**6,5**		
43	**6,6**		
44	**6,7**		
45	**6,8**		

2017-I

punten	cijfer	punten	cijfer
0	**1,0**	46	**6,6**
1	**1,2**	47	**6,8**
2	**1,4**	48	**6,9**
3	**1,6**	49	**7,0**
4	**1,7**	50	**7,1**
5	**1,8**	51	**7,2**
6	**1,9**	52	**7,4**
7	**2,0**	53	**7,5**
8	**2,1**	54	**7,6**
9	**2,3**	55	**7,7**
10	**2,4**	56	**7,8**
11	**2,5**	57	**8,0**
12	**2,6**	58	**8,1**
13	**2,7**	59	**8,2**
14	**2,9**	60	**8,3**
15	**3,0**	61	**8,4**
16	**3,1**	62	**8,5**
17	**3,2**	63	**8,7**
18	**3,3**	64	**8,8**
19	**3,5**	65	**8,9**
20	**3,6**	66	**9,0**
21	**3,7**	67	**9,1**
22	**3,8**	68	**9,3**
23	**3,9**	69	**9,4**
24	**4,0**	70	**9,5**
25	**4,2**	71	**9,6**
26	**4,3**	72	**9,7**
27	**4,4**	73	**9,8**
28	**4,5**	74	**9,9**
29	**4,6**	75	**9,9**
30	**4,8**	76	**10,0**
31	**4,9**		
32	**5,0**		
33	**5,1**		
34	**5,2**		
35	**5,3**		
36	**5,5**		
37	**5,6**		
38	**5,7**		
39	**5,8**		
40	**5,9**		
41	**6,1**		
42	**6,2**		
43	**6,3**		
44	**6,4**		
45	**6,5**		

2017-II

punten	cijfer	punten	cijfer
0	**1,0**	46	**6,9**
1	**1,2**	47	**7,0**
2	**1,5**	48	**7,2**
3	**1,7**	49	**7,3**
4	**1,9**	50	**7,4**
5	**2,0**	51	**7,5**
6	**2,1**	52	**7,6**
7	**2,2**	53	**7,8**
8	**2,4**	54	**7,9**
9	**2,5**	55	**8,0**
10	**2,6**	56	**8,1**
11	**2,7**	57	**8,2**
12	**2,8**	58	**8,4**
13	**3,0**	59	**8,5**
14	**3,1**	60	**8,6**
15	**3,2**	61	**8,7**
16	**3,3**	62	**8,8**
17	**3,4**	63	**9,0**
18	**3,6**	64	**9,1**
19	**3,7**	65	**9,2**
20	**3,8**	66	**9,3**
21	**3,9**	67	**9,4**
22	**4,0**	68	**9,6**
23	**4,2**	69	**9,6**
24	**4,3**	70	**9,7**
25	**4,4**	71	**9,8**
26	**4,5**	72	**9,8**
27	**4,6**	73	**9,9**
28	**4,8**	74	**9,9**
29	**4,9**	75	**10,0**
30	**5,0**		
31	**5,1**		
32	**5,2**		
33	**5,4**		
34	**5,5**		
35	**5,6**		
36	**5,7**		
37	**5,8**		
38	**6,0**		
39	**6,1**		
40	**6,2**		
41	**6,3**		
42	**6,4**		
43	**6,6**		
44	**6,7**		
45	**6,8**		

2018-I

punten	cijfer	punten	cijfer
0	**1,0**	46	**6,4**
1	**1,1**	47	**6,6**
2	**1,2**	48	**6,7**
3	**1,4**	49	**6,8**
4	**1,5**	50	**6,9**
5	**1,6**	51	**7,0**
6	**1,7**	52	**7,2**
7	**1,8**	53	**7,3**
8	**1,9**	54	**7,4**
9	**2,1**	55	**7,5**
10	**2,2**	56	**7,6**
11	**2,3**	57	**7,8**
12	**2,4**	58	**7,9**
13	**2,5**	59	**8,0**
14	**2,7**	60	**8,1**
15	**2,8**	61	**8,2**
16	**2,9**	62	**8,3**
17	**3,0**	63	**8,5**
18	**3,1**	64	**8,6**
19	**3,3**	65	**8,7**
20	**3,4**	66	**8,8**
21	**3,5**	67	**8,9**
22	**3,6**	68	**9,1**
23	**3,7**	69	**9,2**
24	**3,8**	70	**9,3**
25	**4,0**	71	**9,4**
26	**4,1**	72	**9,5**
27	**4,2**	73	**9,6**
28	**4,3**	74	**9,8**
29	**4,4**	75	**9,9**
30	**4,6**	76	**10,0**
31	**4,7**		
32	**4,8**		
33	**4,9**		
34	**5,0**		
35	**5,1**		
36	**5,3**		
37	**5,4**		
38	**5,5**		
39	**5,6**		
40	**5,7**		
41	**5,9**		
42	**6,0**		
43	**6,1**		
44	**6,2**		
45	**6,3**		

2018-II

punten	cijfer	punten	cijfer
0	**1,0**	46	**6,6**
1	**1,2**	47	**6,7**
2	**1,5**	48	**6,8**
3	**1,7**	49	**6,9**
4	**1,9**	50	**7,0**
5	**2,0**	51	**7,1**
6	**2,1**	52	**7,3**
7	**2,2**	53	**7,4**
8	**2,3**	54	**7,5**
9	**2,4**	55	**7,6**
10	**2,5**	56	**7,7**
11	**2,6**	57	**7,8**
12	**2,8**	58	**7,9**
13	**2,9**	59	**8,0**
14	**3,0**	60	**8,2**
15	**3,1**	61	**8,3**
16	**3,2**	62	**8,4**
17	**3,3**	63	**8,5**
18	**3,4**	64	**8,6**
19	**3,5**	65	**8,7**
20	**3,7**	66	**8,8**
21	**3,8**	67	**8,9**
22	**3,9**	68	**9,1**
23	**4,0**	69	**9,2**
24	**4,1**	70	**9,3**
25	**4,2**	71	**9,4**
26	**4,3**	72	**9,5**
27	**4,4**	73	**9,6**
28	**4,6**	74	**9,7**
29	**4,7**	75	**9,7**
30	**4,8**	76	**9,8**
31	**4,9**	77	**9,8**
32	**5,0**	78	**9,9**
33	**5,1**	79	**9,9**
34	**5,2**	80	**10,0**
35	**5,3**		
36	**5,5**		
37	**5,6**		
38	**5,7**		
39	**5,8**		
40	**5,9**		
41	**6,0**		
42	**6,1**		
43	**6,2**		
44	**6,4**		
45	**6,5**		

2019-I

punten	cijfer	punten	cijfer
0	**1,0**	46	**6,6**
1	**1,2**	47	**6,7**
2	**1,5**	48	**6,8**
3	**1,6**	49	**7,0**
4	**1,8**	50	**7,1**
5	**1,9**	51	**7,2**
6	**2,0**	52	**7,3**
7	**2,1**	53	**7,4**
8	**2,2**	54	**7,5**
9	**2,3**	55	**7,6**
10	**2,5**	56	**7,8**
11	**2,6**	57	**7,9**
12	**2,7**	58	**8,0**
13	**2,8**	59	**8,1**
14	**2,9**	60	**8,2**
15	**3,0**	61	**8,3**
16	**3,1**	62	**8,5**
17	**3,3**	63	**8,6**
18	**3,4**	64	**8,7**
19	**3,5**	65	**8,8**
20	**3,6**	66	**8,9**
21	**3,7**	67	**9,0**
22	**3,8**	68	**9,1**
23	**4,0**	69	**9,3**
24	**4,1**	70	**9,4**
25	**4,2**	71	**9,5**
26	**4,3**	72	**9,6**
27	**4,4**	73	**9,7**
28	**4,5**	74	**9,8**
29	**4,6**	75	**9,8**
30	**4,8**	76	**9,9**
31	**4,9**	77	**9,9**
32	**5,0**	78	**10,0**
33	**5,1**		
34	**5,2**		
35	**5,3**		
36	**5,5**		
37	**5,6**		
38	**5,7**		
39	**5,8**		
40	**5,9**		
41	**6,0**		
42	**6,1**		
43	**6,3**		
44	**6,4**		
45	**6,5**		

2019-II

punten	cijfer	punten	cijfer
0	**1,0**	46	**6,9**
1	**1,2**	47	**7,0**
2	**1,5**	48	**7,1**
3	**1,7**	49	**7,3**
4	**1,8**	50	**7,4**
5	**1,9**	51	**7,5**
6	**2,0**	52	**7,6**
7	**2,2**	53	**7,7**
8	**2,3**	54	**7,9**
9	**2,4**	55	**8,0**
10	**2,5**	56	**8,1**
11	**2,6**	57	**8,2**
12	**2,8**	58	**8,4**
13	**2,9**	59	**8,5**
14	**3,0**	60	**8,6**
15	**3,1**	61	**8,7**
16	**3,2**	62	**8,8**
17	**3,4**	63	**9,0**
18	**3,5**	64	**9,1**
19	**3,6**	65	**9,2**
20	**3,7**	66	**9,3**
21	**3,9**	67	**9,4**
22	**4,0**	68	**9,6**
23	**4,1**	69	**9,7**
24	**4,2**	70	**9,8**
25	**4,3**	71	**9,8**
26	**4,5**	72	**9,9**
27	**4,6**	73	**9,9**
28	**4,7**	74	**10,0**
29	**4,8**		
30	**4,9**		
31	**5,1**		
32	**5,2**		
33	**5,3**		
34	**5,4**		
35	**5,6**		
36	**5,7**		
37	**5,8**		
38	**5,9**		
39	**6,0**		
40	**6,2**		
41	**6,3**		
42	**6,4**		
43	**6,5**		
44	**6,7**		
45	**6,8**		

Bedenk dat het toekennen van punten aan een antwoord enige deskundigheid vereist. De hier behaalde scores zijn dus vooral een indicatie hoeveel je op dit moment weet over dit vak.

© ThiemeMeulenhoff
© ThiemeMeulenhoff

Onderwerpregister

In het volgende schema wordt verwezen naar de nummers van vragen uit hoofdstukken en examens.

scheikunde	deel 1	deel 2a			deel 2a (vervolg)				
		2016-I	**2016-II**	**2017-I**	**2017-II**	**2018-I**	**2018-II**	**2019-I**	**2019-II**
Van atomen tot stoffen	hoofdstuk 1 1-37	1-5, 10, 11, 24, 25, 29, 30, 33	2, 5-9, 14, 15, 17, 18, 28, 32	1, 2, 8, 14, 15, 27, 28, 32	1, 2, 11, 31, 33, 35, 38	4, 7, 8, 10, 23, 32, 34	6, 8, 9, 16, 32, 34, 36, 38	3, 6, 14, 21, 25-27, 29, 34	1, 3, 9, 10, 18, 30, 31
Reacties	hoofdstuk 2 1-38	6, 26, 27	12, 13, 20, 21, 30	3, 11, 22-24, 31, 34, 35	14-17, 32-34, 36	1-3, 9, 14-16, 19	3, 10, 11, 20, 21, 23, 28, 29, 31	1, 7, 11, 16, 17, 19, 20, 22, 33	2, 7, 8, 22-24, 26, 28, 29, 32
Koolstofchemie en biochemie	hoofdstuk 3 1-38	8-10, 23, 31, 32	1-4, 10, 11, 29	9-13, 21, 25-27, 29	5, 7, 18, 19, 26-28	5, 6, 13, 18, 20, 23, 24, 26, 31-34	1-4, 6, 12-19, 22	6-9, 18, 23, 31, 32, 34	2-5, 11-15, 17, 22, 25-27
Energie	hoofdstuk 4 1-36	7, 12-14, 18, 28	19-24	20, 30	6, 8-13, 37	12, 30	1, 26, 27, 30, 33, 37	11, 12, 15, 19	6, 19
Chemische industrie en milieu	hoofdstuk 5 1-37	15-17, 19-22	16, 17, 25-27	4-7, 18-20, 28	20-25, 29, 30	14, 17, 18, 21, 22, 25, 27-29	5, 23-25, 27-29, 33, 35	2, 10, 11-13, 24, 28, 30	16, 33-37
Onderzoek	hoofdstuk 6 1-34		8, 9, 31-35	6, 16, 17, 31-35	3, 4	6, 11, 21, 22	7	4, 5	7, 8, 20, 21

© ThiemeMeulenhoff
© ThiemeMeulenhoff

Aantekeningen

© ThiemeMeulenhoff

Aantekeningen

© ThiemeMeulenhoff

Aantekeningen

Aantekeningen

© ThiemeMeulenhoff

© ThiemeMeulenhoff

Aantekeningen

Aantekeningen

© ThiemeMeulenhoff

© ThiemeMeulenhoff

Colofon

Auteurs
J.R. van der Vecht
T.H.J. Heutmekers

Vormgeving binnenwerk
Maura van Wermeskerken, Apeldoorn

Opmaak
Crius Group, Hulshout

Redactie
Lineke Pijnappels

Auteur stappenplan
T.H.J. Heutmekers

Over ThiemeMeulenhoff
ThiemeMeulenhoff ontwikkelt zich van educatieve uitgeverij tot een learning design company. We brengen content, leerontwerp en technologie samen. Met onze groeiende expertise, ervaring en leeroplossingen zijn we een partner voor scholen bij het vernieuwen en verbeteren van onderwijs. Zo kunnen we samen beter recht doen aan de verschillen tussen lerenden en scholen en ervoor zorgen dat leren steeds persoonlijker, effectiever en efficiënter wordt.

Samen leren vernieuwen.

www.thiememeulenhoff.nl

ISBN 978 90 06 49157 9
Eerste druk, derde oplage, 2022

© ThiemeMeulenhoff, Amersfoort, 2021

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 23 augustus 1985, Stbl. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie (PRO), Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp (www.stichting-pro.nl). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich tot de uitgever te wenden. Voor meer informatie over het gebruik van muziek, film en het maken van kopieën in het onderwijs zie www.auteursrechtenonderwijs.nl.

De uitgever heeft ernaar gestreefd de auteursrechten te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Degenen die desondanks menen zekere rechten te kunnen doen gelden, kunnen zich alsnog tot de uitgever wenden.

Deze uitgave is volledig CO_2-neutraal geproduceerd.
Het voor deze uitgave gebruikte papier is voorzien van het FSC®-keurmerk.
Dit betekent dat de bosbouw op een verantwoorde wijze heeft plaatsgevonden.

examenbundel ⟩

havo **Nederlands**
havo **Engels**
havo **Duits**
havo **Frans**
havo **Economie**
havo **Bedrijfseconomie**
havo **Maatschappijwetenschappen**
havo **Geschiedenis**
havo **Aardrijkskunde**
havo **Wiskunde A**
havo **Wiskunde B**
havo **Scheikunde**
havo **Biologie**
havo **Natuurkunde**

samengevat }

havo **Economie**
havo **Bedrijfseconomie**
havo **Maatschappijwetenschappen**
havo **Geschiedenis**
havo **Aardrijkskunde**
havo **Wiskunde A**
havo **Wiskunde B**
havo **Scheikunde**
havo **Biologie**
havo **Natuurkunde**
havo/vwo **Nederlands 3F/4F**
havo/vwo **Rekenen 3F**

Tips, tricks en informatie die jou helpen bij het slagen voor je eindexamen vind je op examenbundel.nl! Nog meer kans op slagen? Volg ons ook op social media. #geenexamenstress

examenidioom + examenbundel + samengevat + zeker slagen! = #geenexamenstress

examenidioom

havo **Engels**
havo **Duits**
havo **Frans**

zeker slagen !

voor vmbo, havo én vwo

9 789006 491579